



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

707 542 A2

(51) Int. Cl.: F02C 9/00 (2006.01)
F02C 6/14 (2006.01)
F02C 3/22 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00044/14

(22) Anmeldedatum: 15.01.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.07.2014

(30) Priorität: 24.01.2013 US 13/749,656

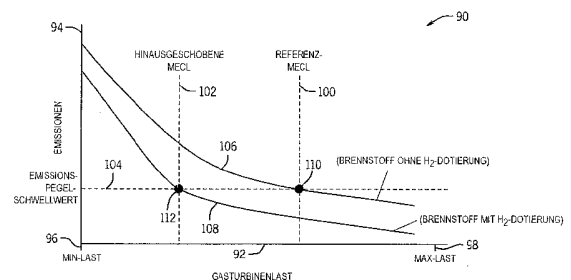
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Kihyung Kim, Atlanta, GA 30339 (US)
Seyfettin Can Gulen, Schenectady, NY 12345 (US)

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(54) **System mit einem Gasturbinensystem und einer Elektrolyseeinheit.**

(57) Ein System mit einem Gasturbinensystem und einer Elektrolyseeinheit, die dazu eingerichtet ist, Wasserstoffgas zu erzeugen, um eine Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallast des Gasturbinensystems zu verringern. Durch das System kann die Abschalt-Minimallast (102) eines Kraftwerks gegenüber einer Referenz-Abschalt-Minimallast (100) hinausgeschoben werden.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Kraftwerke und spezieller die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten in einem Kraftwerk.

[0002] Kraftwerke mit kombiniertem Kreisprozess nutzen Gasturbinensysteme gemeinsam mit Dampfturbinensystemen, um Strom zu erzeugen, während Energieverluste verringert werden. Im Betrieb verbrennt das Gasturbinensystem ein Brennstoff/ Luft-Gemisch, um Rotationsenergie zu erzeugen, die eine Last antreibt (d.h. elektrische Leistung erzeugt). Die Verbrennungsgase können vielfältige Verbrennungsbeiprodukte enthalten, z.B. Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x), Kohlendioxid (CO₂), und dergleichen. Um Energieverluste zu reduzieren, benutzen die Kraftwerke mit kombiniertem Kreisprozess die in den Abgasen des Gasturbinensystems enthaltene thermische Energie, um Dampf für den Einsatz in einem Dampfturbinensystem zu erzeugen. Nachteilig ist, dass Stromversorgungsnetze von unterschiedlichen Quellen Strom aufnehmen können, was die Leistungsanforderungen (d.h. die Last) in dem Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess verringert. Die Verringerung der Leistungsanforderung kann dazu führen, dass die Gasturbinen in dem Kraftwerk ausserhalb der Beschränkungen der Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallasten (MECL) arbeiten (d.h. Abgasemissionspegel in Relation zu ihrer Last überschreiten). Dementsprechend fahren Kraftwerke mit kombiniertem Kreisprozess möglicherweise häufiger herauf- und herunter, um den Emissionsvorschriften zu entsprechen, was unter anderem die Kosten der Wartung und des Hochfahrens steigert.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0003] Im Folgenden sind spezielle Ausführungsbeispiele gemäss dem Gegenstand der ursprünglich vorliegenden Erfindung zusammenfassend beschrieben. Diese Ausführungsbeispiele sollen den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung nicht beschränken, vielmehr sollen diese Ausführungsbeispiele lediglich eine Kurzbeschreibung möglicher Ausprägungen der Erfindung geben. In der Tat kann die Erfindung vielfältige Ausprägungen abdecken, die den nachstehend dargelegten Ausführungsbeispielen ähneln oder sich von diesen unterscheiden können.

[0004] In einem Ausführungsbeispiel enthält ein System ein Gasturbinensystem und eine Elektrolyseeinheit, die dazu eingerichtet ist, Wasserstoffgas zu erzeugen, um eine Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallast des Gasturbinensystems zu verringern.

[0005] Die Elektrolyseeinheit des oben erwähnten Systems kann dazu eingerichtet sein, das Wasserstoffgas anhand einer Dampfquelle zu erzeugen.

[0006] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen ersten elektrischen Generator enthalten, der durch das Gasturbinensystem angetrieben wird.

[0007] Der erste elektrische Generator jedes der oben erwähnten Systeme kann dazu eingerichtet sein, der Elektrolyseeinheit elektrische Leistung zuzuführen.

[0008] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger enthalten, der dazu eingerichtet ist: Wärme aus einem Abgas zurück zu gewinnen, das durch das Gasturbinensystem ausgegeben wird, den Dampf mittels der zurückgewonnenen Wärme zu erzeugen, und der Elektrolyseeinheit den Dampf zuzuführen.

[0009] Jedes der oben erwähnten Systeme kann ein Dampfturbinensystem enthalten, das mit dem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger verbunden ist.

[0010] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen zweiten elektrischen Generator enthalten, der durch das Dampfturbinensystem angetrieben wird.

[0011] Der zweite elektrische Generator jedes der oben erwähnten Systeme kann dazu eingerichtet sein, der Elektrolyseeinheit elektrische Leistung zuzuführen.

[0012] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen Speicherbehälter enthalten, der dazu eingerichtet ist, das Wasserstoffgas zu speichern, das durch die Elektrolyseeinheit für die Nutzung in dem Gasturbinensystem erzeugt ist.

[0013] In noch einem Ausführungsbeispiel gehören zu einem System: ein Gasturbinensystem, das dazu eingerichtet ist, eine Last mittels Verbrennungsgasen anzutreiben, ein Wärmerückgewinnungsdampferzeuger, der dazu eingerichtet ist, Dampf durch Rückgewinnung von Wärme aus den Verbrennungsgasen zu erzeugen, und eine Elektrolyseeinheit, die dazu eingerichtet ist den Dampf von dem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger aufzunehmen, um ihn für die Erzeugung von Wasserstoffgas zu nutzen, so dass eine Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallast des Gasturbinensystems verringert wird.

[0014] Das System kann einen Speicherbehälter enthalten, der dazu eingerichtet ist, den Wasserstoff aufzufangen, der durch die Elektrolyseeinheit erzeugt worden ist.

[0015] Jedes der oben erwähnten Systeme kann eine Steuereinrichtung aufweisen, die dazu eingerichtet ist, die Zufuhr des Wasserstoffgases von der Elektrolyseeinheit zu dem Gasturbinensystem auf der Grundlage mindestens eines überwachten Parameters zu regeln/steuern, der eine Last an dem Gasturbinensystem kennzeichnet.

[0016] Die Steuereinrichtung jedes der oben erwähnten Systeme kann dazu eingerichtet sein, das Wasserstoffgas zu dem Gasturbinensystem zu verzweigen, wenn der überwachte Parameter anzeigt, dass die Last einen Schwellwertpegel unterschreitet.

[0017] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen ersten elektrischen Generator enthalten, der mit dem Gasturbinensystem verbunden ist, und der dazu eingerichtet ist, Strom für die Nutzung durch die Elektrolyseeinheit zu erzeugen.

[0018] Jedes der oben erwähnten Systeme kann einen zweiten elektrischen Generator enthalten, der mit einem Dampfturbinensystem verbunden ist, und der dazu eingerichtet ist, Strom für die Nutzung durch die Elektrolyseeinheit zu erzeugen.

[0019] In noch einem Ausführungsbeispiel gehören zu einem Verfahren die Schritte: Erzeugen von Wasserstoffgas in einer Elektrolyseeinheit, Auffangen des Wasserstoffgases in einem Speicherbehälter, Überwachen wenigstens eines Parameters eines Gasturbinensystems, und Verzweigen des Wasserstoffgases in das Gasturbinensystem, um eine Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast in Reaktion auf den wenigstens einen Parameter zu verringern.

[0020] In dem Verfahren kann das Erzeugen von Wasserstoffgas eine elektrolytische Umwandlung von Dampf in Wasserstoffgas und Sauerstoff in der Elektrolyseeinheit beinhalten.

[0021] Das Verfahren kann die Schritte beinhalten: Erzeugen des Dampfes in einem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger, und Zuführen des Dampfes zu der Elektrolyseeinheit.

[0022] Jedes der oben erwähnten Verfahren kann ein Erzeugen des Dampfes in der Elektrolyseeinheit beinhalten.

[0023] Jedes der oben erwähnten Verfahren kann den Schritt beinhalten, mittels eines elektrischen Generators, der mit dem Gasturbinensystem, einem Dampfturbinensystem, oder einer Kombination davon verbunden ist, elektrischen Strom für den Einsatz in der Elektrolyseeinheit zu erzeugen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nach dem Lesen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlicher, in denen übereinstimmende Teile durchgängig mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind:

- Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel eines Kraftwerks mit kombiniertem Kreisprozess mit einer Elektrolyseeinheit;
- Fig. 2 veranschaulicht in einem Graphen verschiedene Emissionspegel in Relation zu Gasturbinensystemlasten;
- Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Hinausschieben einer Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast für ein Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess; und
- Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Hinausschieben einer Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast für ein Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0025] Nachfolgend werden ein oder mehrere spezielle Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben. In dem Bemühen, eine kurzgefasste Beschreibung dieser Ausführungsbeispiele vorzulegen, sind möglicherweise nicht sämtliche Merkmale einer tatsächlichen Verwirklichung in der Beschreibung aufgeführt. Es ist zu beachten, dass bei der Entwicklung einer jeden solchen Verwirklichung, wie in jedem technischen oder konstruktiven Projekt, zahlreiche anwendungsspezifische Entscheidungen zu treffen sind, um spezielle Ziele der Entwickler zu erreichen, z.B. Konformität mit systembezogenen und wirtschaftlichen Beschränkungen, die von einer Verwirklichung zur anderen unterschiedlich sein können. Darüber hinaus sollte es verständlich sein, dass eine solche Entwicklungsbemühung komplex und zeitraubend sein könnte, jedoch nichtsdestoweniger für den Fachmann, der über den Vorteil dieser Beschreibung verfügt, eine Routinemassnahme der Entwicklung, Fertigung und Herstellung bedeuten würde.

[0026] Wenn Elemente vielfältiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, sollen die unbestimmten und bestimmten Artikel «ein», «eine» bzw. «der, die, das» und dergleichen das Vorhandensein von mehr als einem Element einschliessen. Die Begriffe «umfassen», «enthalten» und «aufweisen» sind als einschliessend zu verstehen und bedeuten, dass möglicherweise zusätzliche Elemente vorhanden sind, die sich von den aufgelisteten Elementen unterscheiden.

[0027] Die vorliegende Beschreibung betrifft allgemein ein System und ein Verfahren zum Hinausschieben der Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast für ein Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess. Speziell enthält das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess eine Elektrolyseeinheit, die Wasserstoffbrennstoff für das Gasturbinensystem erzeugt. Das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess nutzt das Wasserstoffgas, um den Gasturbinenbrennstoff zu dotieren, wodurch während Zeitspannen beschränkter Belastung des Gasturbinensystems (z.B. unterhalb eines Referenzwerts der Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast) Emissionen verringert werden. Es ist klar, dass eine Verringerung der Emissio-

nen im Verlauf von Zeitspannen geringerer Lasten die Aufrechterhaltung des Betriebs des Kraftwerks mit kombiniertem Kreisprozess gestattet (d.h. häufige An- und Abschaltvorgänge verhindert), während Emissionsstandards eingehalten werden. Um Wasserstoffgas zu erzeugen, kann die Elektrolyseeinheit von dem HRSG stammenden Dampf mit hoher Temperatur und hohem Druck nutzen und/oder Dampf in der Elektrolyseeinheit erzeugen. D.h. die Elektrolyseeinheit kann durch das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess (z.B. durch den Generator, der durch das Gasturbinensystem angetrieben wird) elektrisch betrieben werden, oder die Elektrolyseeinheit kann durch Wärmeenergie (z.B. Dampf) betrieben werden, der durch das Kraftwerk (z.B. durch den HRSG) erzeugt wird.

[0028] Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel eines Kraftwerks mit kombiniertem Kreisprozess (GuD-Kraftwerk) 8 mit einer Elektrolyseeinheit 10. Im Betrieb nutzt das GuD-Kraftwerk 8 die Elektrolyseeinheit 10, um Wasserstoffgas für die Brennstoffdotierung zu erzeugen. Elektrolyse ist ein Verfahren, in dem ein Gleichstrom genutzt wird, um eine chemische Reaktion (d.h. die Umsetzung von H_2O in H_2 und O_2) zu bewirken. Der Gleichstrom für die Elektrolyse kann aus dem GuD-Kraftwerk 8 (z.B. von elektrischen Generatoren) und/oder aus dem Netz stammen. Der mit Wasserstoff dotierte Brennstoff verringert Emissionen und erlaubt somit, das GuD-Kraftwerk 8 bei einer geringeren Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallast zu betreiben. D.h., das GuD-Kraftwerk 8 nutzt die Elektrolyseeinheit 10, um Wasserstoff zu erzeugen, der während Zeitspannen beschränkter Belastung (d.h. niedriger Stromproduktion) die Emissionsgrenzwerteinhaltungs-Minimallast (MECL) hinausschiebt. Das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess (GuD-Kraftwerk) 8 enthält die Elektrolyseeinheit 10, eine Steuereinrichtung 12, ein Gasturbinensystem 14, ein Dampfturbinensystem 16 und einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG) 18. Im Betrieb verbrennt das Gasturbinensystem 14 ein Brennstoff/Luft-Gemisch, um Rotationsenergie zu erzeugen, die eine Last antreibt (z.B. einen elektrischen Generator). Um Energieverluste zu reduzieren, nutzt das Kraftwerk 8 mit kombiniertem Kreisprozess die thermische Energie in den Abgasen, um in dem HRSG 18 ein Fluid (z.B. Wasser) zu erwärmen und Dampf zu erzeugen. Der Dampf strömt von dem HRSG 18 durch ein Dampfturbinensystem 16, wobei Rotationsenergie erzeugt wird, die anschliessend eine Last (z.B. einen elektrischen Generator) antreibt. Dementsprechend kombiniert das GuD-Kraftwerk 8 das Gasturbinensystem 14 mit dem Dampfturbinensystem 16, um die Leistungsausgabe zu steigern, während Energieverluste verringert werden.

[0029] Das Gasturbinensystem 14 kann einen Verdichter 22, eine Brennkammeranordnung 24, und eine Turbine 26 enthalten. Im Betrieb tritt Luft 28 in das Turbinensystem 14 durch die Einlassleitschaukel 20 ein, die die Ansaugmenge von Oxidationsmittel (z.B. die Luftansaugmenge) regelt/steuert. Obwohl das Gasturbinensystem 14, wie nachfolgend erläutert, Luft 28 als ein Oxidationsmittel verwenden kann, kann das System 14 ein beliebige geeignetes Oxidationsmittel nutzen, z.B. Luft, Sauerstoff, mit Sauerstoff angereicherte Luft, oder sauerstoffangereicherte Luft. Der Verdichter 22 verdichtet die Luft 28 in einer Reihe von Verdichterstufen (z.B. Laufradscheiben 30 mit Verdichterlaufschaukeln). Während die verdichtete Luft den Verdichter 22 verlässt, tritt die Luft in die Brennkammeranordnung 24 ein und vermischt sich mit Brennstoff 32. Das Turbinensystem 14 kann für den Betrieb des Turbinensystems 14 einen gasförmigen Brennstoff verwenden, z.B. natürliches Gas, synthetisches Gas, Koksgas, Hochofengas, und/oder ein Wasserstoffreiches Gas (d.h. ein mit Wasserstoff dotiertes Gas). Beispielsweise können die Brennstoffdüsen 34 ein Brennstoff/Luft-Gemisch 24 in einem Verhältnis in die Brennkammer injizieren, das geeignet ist, die Verbrennung, die Emissionen, den Kraftstoffverbrauch und die Ausgangsleistung zu optimieren. Wie dargestellt, nehmen mehrere Brennstoffdüsen 34 den Brennstoff 32 auf, mischen den Brennstoff 32 mit Luft und geben das Luft/Brennstoff-Gemisch in eine Brennkammer 24 aus. Das Luft/Brennstoff-Gemisch verbrennt in einer Kammer in der Brennkammeranordnung 24, so dass dadurch heisse Abgase entstehen. Die Brennkammeranordnung 24 lenkt die Abgase durch eine Turbine 26 zu einem Abgasauslass 36. Während die Abgase durch die Turbine 26 strömen, berühren die Gase Turbinenlaufschaukeln, die an Turbinenlaufrädern 38 (z.B. Turbinenstufen) angebracht sind, so dass die Laufradscheiben 38 dadurch drehend angetrieben werden. Die Rotation der Laufradscheiben 38 versetzt die Welle 40 und die Laufradscheiben 30 in dem Verdichter 26 in Drehung. Eine Last 42 (z.B. ein elektrischer Generator) ist mit der Welle 40 verbunden und nutzt die Rotationsenergie der Welle 40, um Elektrizität für den Einsatz in dem Stromnetz 44 zu erzeugen.

[0030] Wie oben erläutert, entzieht das GuD-Kraftwerk 8 den heissen Abgasen, die das Gasturbinensystem 14 verlassen, Energie, um sie für das Dampfturbinensystem 16 zu nutzen. Insbesondere kanalisiert das GuD-Kraftwerk 8 heisse Abgase 44 von dem Turbinensystem 14 in den Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG) 18. In dem HRSG 18 wandelt die in den Verbrennungsabgasen enthaltene thermische Energie ein Fluid (z.B. Wasser) in heissen Druckdampf um. Der HRSG 18 gibt den Dampf 46 durch ein oder mehrere Ventil 47 für den Einsatz in dem Dampfturbinensystem 16 frei.

[0031] Das Dampfturbinensystem 16 enthält eine Turbine 48, eine Welle 50 und eine Last 52 (z.B. einen elektrischen Generator). Während der heisse verdichtete Dampf 46 in die Dampfturbine 48 eintritt, berührt der Dampf 46 Turbinenlaufschaukeln, die an Turbinenlaufrädern 54 (z.B. Turbinenstufen) befestigt sind. Während der Dampf 46 durch die Turbinenstufen in der Turbine 48 strömt, bewirkt der Dampf 46, dass die Turbinenlaufschaukeln die Laufradscheiben 54 drehend antreiben. Die Rotation der Laufradscheiben 54 versetzt die Welle 50 in Drehung. Wie zu sehen, ist die Last 52 mit der Welle 50 verbunden. Dementsprechend nutzt die Last 52 (z.B. der elektrische Generator), während die Welle 50 rotiert, die Rotationsenergie, um Elektrizität für das Stromnetz 44 zu erzeugen. Während der verdichtete Dampf 46 durch die Turbine 48 strömt, verliert der Dampf 46 Energie (d.h. er expandiert und kühlt ab). Nachdem der Dampf 46 die Dampfturbine 48 verlassen hat, wird er zu dem HRSG 18 oder Kondensator 55 zurück geleitet.

[0032] Um Wasserstoffgas zu erzeugen, kann die Elektrolyseeinheit 10 Dampf mit hoher Temperatur/hohem Druck verwenden, um den Wirkungsgrad der Elektrolyseeinheit 10 und somit der Herstellung von Wasserstoffgas zu verbessern,

das genutzt wird, um die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinauszuschieben. Die Elektrolyseeinheit 10 kann Hochtemperaturdampf von einer internen Quelle (z.B. HRSG 18) aufnehmen und/oder Hochtemperaturdampf (z.B. in der Einheit 10) erzeugen. Beispielsweise kann die Elektrolyseeinheit 10 in einem Ausführungsbeispiel Wasserstoffgas unter Verwendung von Hochtemperaturdampf aus dem HRSG 18 erzeugen. Im Betrieb kann die Steuereinrichtung 12 Befehle (die beispielsweise in einem Speicher 56 gespeichert sind und auf dem Prozessor 58 ausführbar sind) ausführen, um den Betrieb der Elektrolyseeinheit 10 und des gesamten GuD-Kraftwerks 8 zu steuern. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 12 Befehle zum Öffnen des Ventils 60 ausführen. Während sich das Ventil 60 öffnet, verlässt Hochtemperaturdampf den HRSG 18 und strömt in die Elektrolyseeinheit 10. Während die Elektrolyseeinheit 10 Hochtemperaturdampf aufnimmt, führt die Einheit 10 die Elektrolyse durch, wobei Wasser in gasförmigen Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird. Wie zu sehen, kann das Wasserstoffgas in einem Speicherbehälter 64 gespeichert werden, während der entspannte Dampf oder kondensiertes Wasser in den HRSG 18 oder Kondensator 55 zurück geleitet wird, um erneut erwärmt zu werden. In noch einem Ausführungsbeispiel kann die Elektrolyseeinheit 10 Hochtemperaturdampf mittels eines Wärmetauschers 60 erzeugen. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 12 Befehle für den Wärmetauscher 60 ausführen, um Dampf in der Elektrolyseeinheit 10 zu erzeugen. Der Wärmetauscher 60 kann eine elektrische Heizvorrichtung, einen Rippen- und Röhrenwärmetauscher oder eine beliebige geeignete Heizvorrichtung enthalten, die dazu eingerichtet ist, auf Wasser und/oder Dampf Wärme zu übertragen, um einen geeigneten Dampf für die Elektrolyse zu erzeugen. Der Wärmetauscher 60 kann elektrischen Strom oder thermische Energie von der Last 42, von der Last 52, von dem Netz 44, von einem Ofen, von einem Dampfkessel, von Solarenergie und/oder von einer weiteren Wärmequelle in dem GuD-Kraftwerk 10 aufnehmen. In noch einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Elektrolyseeinheit 10 von dem HRSG 18 Hochtemperaturdampf aufnehmen, der anschliessend mittels des Wärmetauschers 60 weiter erwärmt wird. Auf diese Weise kann der Wärmetauscher 60 die Temperatur des Dampfs erhöhen, um die Erzeugung von Wasserstoffgas zu unterstützen. Die Nutzung thermischer Energie und elektrische Leistung aus dem GuD-Kraftwerk 8, um die chemische Reaktion der Elektrolyse zu beschleunigen, kann den Wirkungsgrad des GuD-Kraftwerks 8 einschliesslich des Wirkungsgrads des Niedrigenergiezyklus (d.h. des Dampfturbinensystems 16) zwar verringern, erlaubt jedoch, das GuD-Kraftwerk 8 bei einer geringeren MECL weiter zu betreiben. Die Möglichkeit, das GuD-Kraftwerk 8 betriebsfähig zu halten und nicht vom Netz zu nehmen, senkt Kosten, die mit häufigen Ein- und Abschaltvorgängen verbunden sind (beispielsweise in Zusammenhang mit Wartung, Einsparungen von Hochfahrkosten, höheren Erledigungsrang, höheren Einnahmen aus der Stromerzeugung, und dergleichen).

[0033] Wie oben erläutert, nutzt das GuD-Kraftwerk 8 die Elektrolyseeinheit 10, um die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinauszuschieben, was häufiges Abschaltens und erneutes Hochfahren des GuD-Kraftwerks 8 vermeidet. Die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast (MECL) ist ein Emissionsstandard für Gasturbinensysteme, demzufolge das Gasturbinensystem 14 den Betrieb nicht fortsetzen kann, falls die Last (z.B. Energieerzeugung) einen Lastschwellwert unterschreitet, der Emissionen oberhalb vorgegebener Pegel hervorruft. Um ein häufiges Hoch- und Herunterfahren des GuD-Kraftwerks 8 zu vermeiden, schieben die offenbarten Ausführungsbeispiele die MECL des GuD-Kraftwerks 8 mittels einer Wasserstoffdotierung des Brennstoffs für das Gasturbinensystem 14 somit hinaus. Das Wasserstoffgas in dem Brennstoff 32 verringert Emissionen (z.B. NO_x , CO und dergleichen), was es ermöglicht, das Gasturbinensystem 14 bei geringeren Lasten (d.h. geringeren Ausgangsleistungen) zu betreiben, während Emissionsstandards weiter eingehalten werden. Es ist klar, dass das GuD-Kraftwerk 8 die Steuereinrichtung 12 nutzt, um die Betriebsparameter (z.B. Lasten, Emissionen, Brennstoffzusammensetzung, und dergleichen) des Gasturbinensystems 14 zu überwachen und die Brennstoffzusammensetzung in dem Gasturbinensystem 16 einzustellen. Die Steuereinrichtung 12 enthält den Speicher 56 und den Prozessor 58. Der Speicher 56 speichert in Form von Softwarecode geschriebene Befehle und Schritte, die der Prozessor 58 in Reaktion auf eine Rückmeldung von dem GuD-Kraftwerk 8 ausführt. Insbesondere überwacht die Steuereinrichtung 12 die Last 42 in Kombination mit der Brennstoffzusammensetzung 32 oder mit den Gasturbinenemissionen, um festzustellen, ob die Last des Gasturbinensystems 14 die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast überschreitet. Falls die Last die MECL unterschreitet, kann die Steuereinrichtung 12 Befehle ausführen, um den Brennstoff 32 für das Gasturbinensystem 14 zu dotieren. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 12 den Brennstoff unter Verwendung einer Datenbank bekannter Werte, Gleichungen, Modelle, und dergleichen, die basierend auf Pegeln einer Wasserstoffdotierung Emissionspegel voraussagt, mit Wasserstoffgas dotieren. In noch einem Ausführungsbeispiel kann die Steuereinrichtung 12 die Last und die Emissionen (z.B. CO, NO_x , CO_2) überwachen, um zu ermitteln, ob das Gasturbinensystem 14 unterhalb der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast arbeitet, und anschliessend auf der Grundlage der Rückmeldung der Emissionen eine Dotierung durchführen. Im Betrieb kann die Steuereinrichtung 12 das Ventil 66 öffnen, wodurch Wasserstoffgas für den Einsatz in dem Gasturbinensystem 14 freigegeben wird. Das Wasserstoffgas verändert die Zusammensetzung des Brennstoffs 32, so dass dadurch Emissionen reduziert werden. Die Verringerung von Emissionen gestattet, das Gasturbinensystem 14 bei geringeren Lasten zu betreiben, während dennoch die Emissionsstandards eingehalten werden (d.h. die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast wird «hinausgeschoben»). Durch das Hinausschieben der MECL kann das GuD-Kraftwerk 8 somit in Zeiten geringer Leistungsanforderung weiter betriebsfähig bleiben, wodurch kostspielige Vorgänge des Abschaltens und Hochfahrens vermieden werden.

[0034] Fig. 2 zeigt einen Graph 90, der Emissionspegel in Relation zu Gasturbinensystemlasten veranschaulicht. Der Graph 90 weist eine x-Achse 92 und eine y-Achse 94 auf. An der x-Achse 92 ist die Last des Gasturbinensystems 14 einschliesslich einer minimalen Last 96, einer maximalen Last 98, eines Referenzwerts der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 100, und einer hinausgeschobenen Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 102 abgetragen. An der y-Achse 94 sind von dem Gasturbinensystem 14 ausgehende Emissionen abgetragen, und sie definiert einen Emissi-

emissionspegelschwellwert 104. Wie zu sehen, veranschaulicht der Graph 90 zwei Emissionskurven 106 und 108 in Relation zu der Last an dem Gasturbinensystem 14. Die Emissionskurve 106 veranschaulicht Emissionen des Gasturbinensystems 14 ohne Wasserstoff dotierten Brennstoff, während die Emissionskurve 108 Emissionen im Falle von mit Wasserstoff dotiertem Brennstoff veranschaulicht.

[0035] Wie oben erläutert, veranschaulicht die Emissionskurve 106 Emissionen für das Gasturbinensystem 14, das nicht dotierten Brennstoff verwendet. Wie zu sehen, nimmt der Emissionspegel mit zunehmender Belastung des Gasturbinensystems 14 bis zu Punkt 110 ab. An dem Punkt 110 arbeitet das Gasturbinensystem 14 bei der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 100 bzw. an dem Punkt, an dem die Belastung des Gasturbinensystems 14 Emissionen hervorbringt, die bei dem Emissionspegelschwellwert 104 liegen. Um den Emissionspegelschwellwert 104 einzuhalten, kann das Gasturbinensystem 14 eine Last bei oder oberhalb des Referenzwerts der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 100 aufrechterhalten. Wie oben erläutert, ist es wünschenswert, das GuD-Kraftwerk 8 in einem betriebsfähigen Zustand aufrecht zu erhalten (d.h. ein kostspieliges Hoch- und Herunterfahren des Kraftwerks zu vermeiden). Allerdings befindet sich die Last (z.B. die Leistungsanforderungen) möglicherweise nicht bei oder oberhalb des Referenzwerts der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 100. Daher enthält das GuD-Kraftwerk 8, wie oben erläutert, eine Elektrolyseeinheit 10, die Wasserstoff zur Dotierung von Brennstoff erzeugt, um die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinauszuschieben.

[0036] Die Kurve 108 veranschaulicht den Emissionspegel des Gasturbinensystems 14 in Relation zu der Last bei Verwendung des mit Wasserstoff dotierten Brennstoffs. Wenn die Belastung des Gasturbinensystems 14 zunimmt, schneidet die Emissionskurve 108 den Emissionspegelschwellwert 104, wie zu sehen, bei Punkt 112. Insbesondere nehmen die Emissionen mit zunehmender Last rascher ab (siehe z.B. Kurve 108), wenn das Gasturbinensystem 14 mit Wasserstoff dotierten Brennstoff nutzt, als wenn der nicht dotierte Brennstoff verwendet wird (siehe z.B. Kurve 106). Somit schneidet die Emissionskurve 108 den Emissionspegelschwellwert 104 vor der Emissionskurve 106. In dieser Weise gestattet der mit Wasserstoff dotierte Brennstoff, das Gasturbinensystem 14 bei einer «hinausgeschobenen» Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast 102 (d.h. bei einer geringeren Last zu betreiben), und dennoch die Emissionsstandards einzuhalten.

[0037] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens 130 zum Hinausschieben einer Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast für das Kraftwerk 8 mit kombiniertem Kreisprozess. Das Verfahren 130 beginnt mit dem Hochfahren des Kraftwerks 8 mit kombiniertem Kreisprozess (Block 132). Wenn die Steuereinrichtung 12 betriebsbereit ist, führt sie Befehle aus, den Dampf aus einer Dampfquelle (z.B. aus dem HRSG oder einer sonstigen Dampfquelle in der Kraftanlage) zu der Elektrolyseeinheit 10 zu verzweigen (Block 134). Die Elektrolyseeinheit 10 verwendet den Dampf, um Wasserstoffgas für den Einsatz in der Brennstoffdotierung zu erzeugen (Block 136). Wie oben erläutert, verringert die Dotierung von Brennstoff mit Wasserstoff Emissionen und schiebt die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinaus (d.h. sie ermöglicht dem GuD-Kraftwerk 8, Emissionsstandards bei geringeren Lasten einzuhalten). Nachdem das Wasserstoffgas erzeugt ist, wird es in dem Puffer- oder Speicherbehälter 64 gespeichert (Block 138). Während die Elektrolyseeinheit 10 Wasserstoffgas erzeugt, überwacht die Steuereinrichtung 12 die Belastung des Gasturbinensystems 14 (Block 140). Während die Steuereinrichtung 12 die Last an dem Gasturbinensystem 14 überwacht, bestimmt sie, ob die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast unterschreitet (Entscheidungspunkt 142). Falls die Steuereinrichtung 12 ermittelt, dass die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast überschreitet, kehrt die Steuereinrichtung 12 zu Block 140 zurück und überwacht das Gasturbinensystem 14. Falls die Steuereinrichtung 12 hingegen feststellt, dass die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast unterschreitet, führt die Steuereinrichtung 12 Befehle aus, um den Brennstoff des Gasturbinensystems 14 mit dem gespeicherten Wasserstoffgas zu dotieren, so dass die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinausgeschoben wird (Block 144). In einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuereinrichtung 12 Befehle ausführen, um Wasserstoffgas mittels der Elektrolyseeinheit 10 nach Bedarf (d.h. anstelle einer Speicherung von Wasserstoffgas) zu erzeugen, wenn die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast unterschreitet. Wie oben erläutert, gestattet das Hinausschieben der Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast, das GuD-Kraftwerk 8 bei geringeren Lasten weiter zu betreiben, während Emissionsstandards eingehalten werden (d.h. kostspielige Abschalt- und Hochfahrvorgänge vermieden werden).

[0038] Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens 150 zum Hinausschieben einer Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast für das Kraftwerk 8 mit kombiniertem Kreisprozess. Das Verfahren 150 beginnt mit dem Hochfahren des Kraftwerks 8 mit kombiniertem Kreisprozess (Block 152). Wenn die Steuereinrichtung 12 betriebsbereit ist, führt sie Befehle aus, um mittels des Wärmetauschers 60 Dampf in der Elektrolyseeinheit 10 zu erzeugen (Block 154). Wie oben erläutert, kann der Wärmetauscher 60 elektrische und/oder thermische Energie von unterschiedlichen Quellen aufnehmen (z.B. von der Last 42, von der Last 44, aus dem Netz 44, von dem HRSG, oder von einem anderen Abschnitt des GuD-Kraftwerks 8). Die Elektrolyseeinheit 10 verwendet den Dampf, um Wasserstoffgas für den Einsatz in der Dotierung von Brennstoff zu erzeugen (Block 156). Wie oben erläutert, verringert das Dotieren des Brennstoffs mit Wasserstoff Emissionen und schiebt die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast hinaus (d.h. gestattet dem GuD-Kraftwerk 8, Emissionsstandards bei geringeren Lasten zu entsprechen). Nachdem das Wasserstoffgas erzeugt ist, wird es in dem Puffer- oder Speicherbehälter 64 gespeichert (Block 158). Während die Elektrolyseeinheit 10 Wasserstoffgas erzeugt, überwacht die Steuereinrichtung 12 die Belastung des Gasturbinensystems 14 (Block 160). Während die Steuereinrichtung 12 die Last an dem Gasturbinensystem 14 überwacht, bestimmt sie, ob die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast unterschreitet (Entscheidungspunkt 162). Falls die Steuereinrichtung 12 ermittelt, dass die Last die Emissionsgrenzwerteinhaltings-Minimallast überschreitet, kehrt die Steuereinrichtung 12 zu Block 160 zurück und fährt mit der Überwachung des

Gasturbinensystems 14 fort. Falls die Steuereinrichtung 12 hingegen feststellt, dass die Last die Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast unterschreitet, führt die Steuereinrichtung 12 Befehle aus, um den Brennstoff des Gasturbinensystems 14 mit dem gespeicherten Wasserstoffgas zu dotieren, so dass die Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast hinausgeschoben wird (Block 164). In einigen Ausführungsbeispielen kann die Steuereinrichtung 12 Befehle ausführen, Wasserstoffgas mittels der Elektrolyseeinheit 10 nach Bedarf (d.h. anstelle einer Speicherung von Wasserstoffgas) zu erzeugen, wenn die Last die Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast unterschreitet. Wie oben erläutert, gestattet das Hinausschieben der Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast, das GuD-Kraftwerk 8 bei geringeren Lasten weiter zu betreiben (d.h. kostspielige Abschalt- und Hochfahrvorgänge zu vermeiden), während Emissionsstandards eingehalten werden.

[0039] Technische Effekte der Erfindung beinhalten die Fähigkeit, die Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast für ein Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess hinauszuschieben. Speziell beschreiben die offenbarten Ausführungsbeispiele ein Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess mit einer Elektrolyseeinheit, die Wasserstoffgas für die Nutzung zur Dotierung von Brennstoff erzeugt. Das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess verwendet den mit Wasserstoff dotierten Brennstoff, um Emissionen in Zeitspannen beschränkter Belastung zu verringern. Auf diese Weise bleibt das Kraftwerk mit kombiniertem Kreisprozess bei geringeren Lasten betriebsfähig (d.h. häufige An- und Abschaltvorgänge werden vermieden), während Emissionsstandards weiter eingehalten werden.

[0040] Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschliesslich des besten Modus zu beschreiben und um ausserdem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Vorrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

[0041] Ein System enthält ein Gasturbinensystem und eine Elektrolyseeinheit, die dazu eingerichtet ist, Wasserstoffgas zu erzeugen, um eine Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast des Gasturbinensystems zu verringern.

Patentansprüche

1. System, zu dem gehören:
ein Gasturbinensystem; und
eine Elektrolyseeinheit, die dazu eingerichtet ist, Wasserstoffgas zu erzeugen, um eine Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast des Gasturbinensystems zu verringern.
2. System nach Anspruch 1, wobei die Elektrolyseeinheit dazu eingerichtet ist, das Wasserstoffgas anhand einer Dampfquelle zu erzeugen.
3. System nach Anspruch 2, mit einem ersten elektrischen Generator, der durch das Gasturbinensystem angetrieben wird.
4. System nach Anspruch 3, wobei der erste elektrische Generator dazu eingerichtet ist, der Elektrolyseeinheit elektrische Leistung zuzuführen.
5. System nach Anspruch 2, mit einem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger, der dazu eingerichtet ist, Wärme aus einem Abgas zurückzugewinnen, das durch das Gasturbinensystem ausgegeben ist, den Dampf mittels der zurück gewonnenen Wärme zu erzeugen, und den Dampf der Elektrolyseeinheit zuzuführen.
6. System nach Anspruch 5, mit einem Dampfturbinensystem, das mit dem Wärmerückgewinnungsdampferzeuger verbunden ist.
7. System nach Anspruch 6, mit einem zweiten elektrischen Generator, der durch das Dampfturbinensystem angetrieben wird.
8. System nach Anspruch 7, wobei der zweite elektrische Generator dazu eingerichtet ist, der Elektrolyseeinheit elektrische Leistung zuzuführen.
9. System nach Anspruch 1, mit einem Speicherbehälter, der dazu eingerichtet ist, das Wasserstoffgas zu speichern, das durch die Elektrolyseeinheit für die Nutzung in dem Gasturbinensystem erzeugt ist.
10. Verfahren, mit den Schritten:
Erzeugen von Wasserstoffgas in einer Elektrolyseeinheit;
Auffangen des Wasserstoffgases in einem Speicherbehälter;
Überwachen wenigstens eines Parameters eines Gasturbinensystems; und
Verzweigen des Wasserstoffgases in das Gasturbinensystem, um eine Emissionsgrenzwerteinhalungs-Minimallast in Reaktion auf den wenigstens einen Parameter zu verringern.

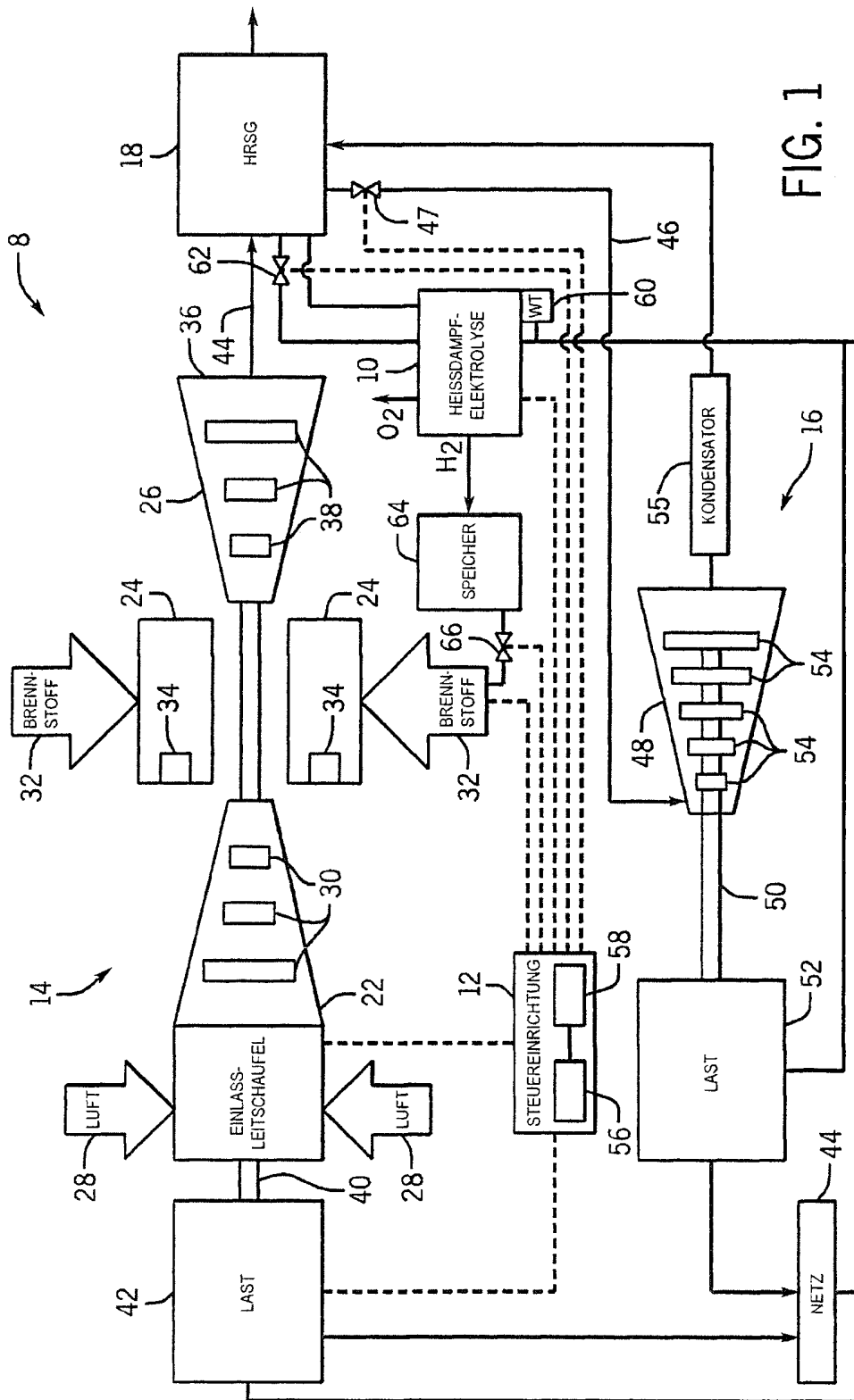


FIG. 1

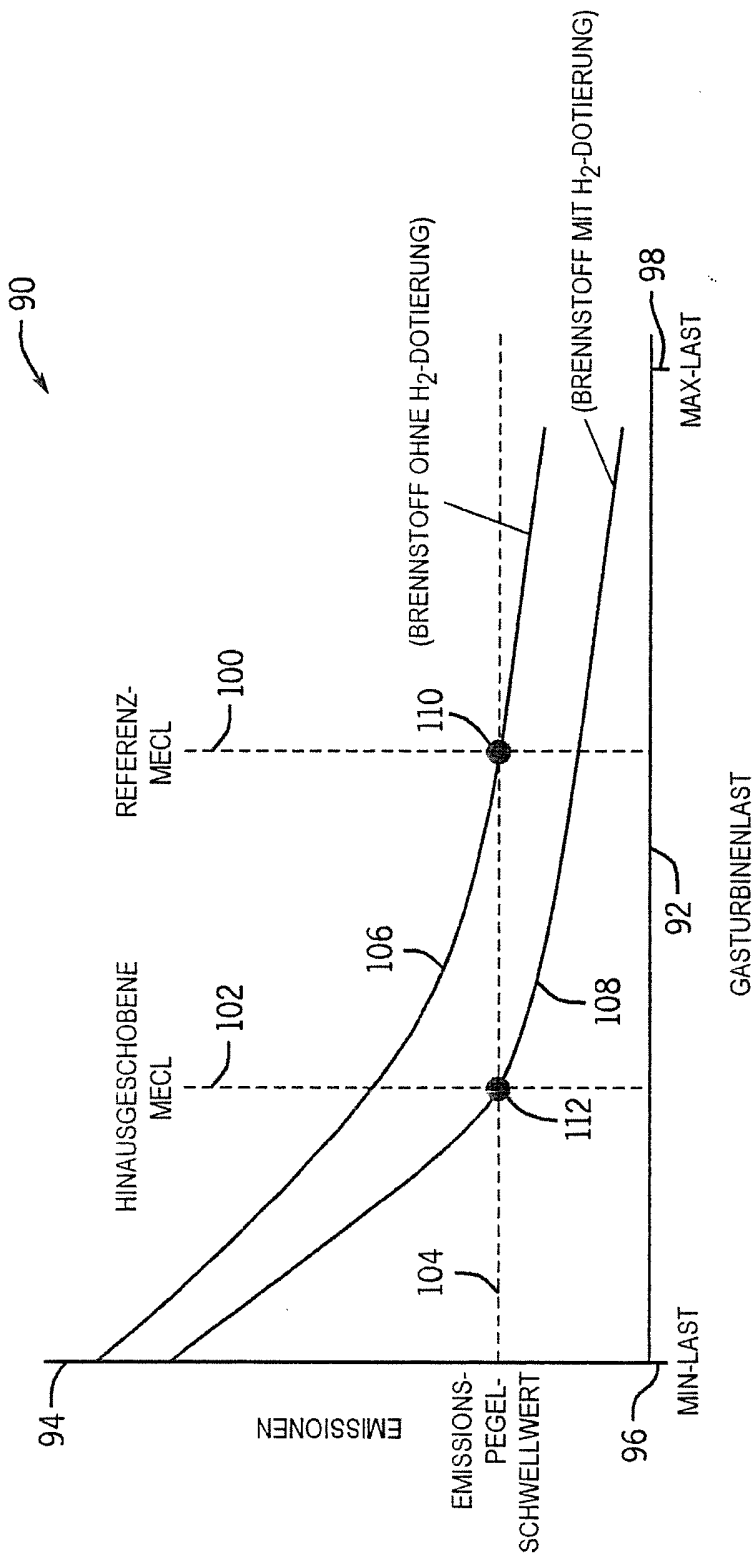


FIG. 2

