



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 510 A2

(51) Int. Cl.: F02C 9/28 (2006.01)  
G05D 17/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00093/14

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

(22) Anmeldedatum: 22.01.2014

(72) Erfinder:  
Alston Ilford Scipio, Atlanta, GA 30339 (US)  
Steven Hartman, Atlanta, GA 30339 (US)  
Sanji Ekanayake, Atlanta, GA 30339 (US)  
Paul Robert Fernandez, Atlanta, GA 30339 (US)  
Dale J. Davis, Greenville, SC 29607 (US)

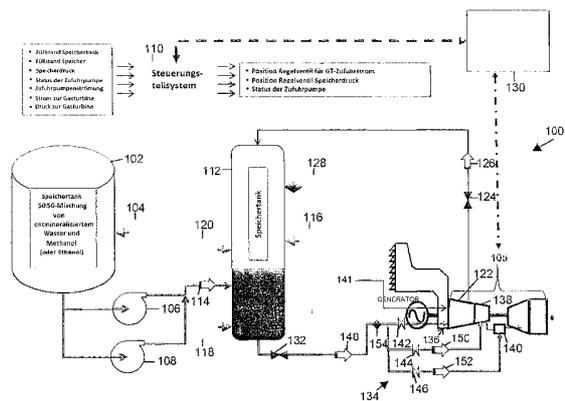
(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.07.2014

(30) Priorität: 28.01.2013 US 13/751,689

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

(54) Turbinensteuerungssystem und Energieerzeugungssystem.

(57) Es wird ein Turbinensteuerungssystem bereitgestellt, das das Unterfrequenzverhalten von Gasturbinen mit Hilfe einer schnell reagierenden Leistungserhöhung verbessert. Das System umfasst einen Speicher (112), der eine Mischung von Antriebsbrennstoff wie zum Beispiel Ethanol oder Methanol und entmineralisiertem Wasser in einem vorgegebenen Verhältnis unter Druck speichert, welches dem Gasturbinenkompressor (122) bereitgestellt wird, um den Massenstrom zur Turbine zu erhöhen, wenn ein Sensor einen Unterfrequenzzustand des Stromnetzes feststellt.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Die Thematik, die hierin offenbart wird, betrifft allgemein Systeme und Verfahren zum Steuern des Betriebs von Gasturbinen und, spezieller, ein Unterfrequenzverhaltens-Verbesserungssystem für Gasturbinen.

### Stand der Technik

[0002] Obwohl jeder elektrische Stromgenerator, der an das «Netz» angeschlossen ist, individuell funktionieren kann, wird jeder Generator durch einen Hauptparameter beschränkt, der ihn zu einem Teil einer Gruppe von Generatoren macht. Der Hauptfaktor, der dem Netz und allen einzelnen Generatoren gemeinsam ist, ist die Frequenz. Obwohl sich die Netzfrequenz ändert, ist es das Ziel, sie für die Stabilität des Netzsystems innerhalb eines engen Bereichs zu halten. Die normalen zulässigen Variationen der Netzfrequenz sind auf einen sehr kleinen Bereich von  $\pm 0,5$  Hz oder darunter beschränkt. In diesem Sinne kann vermutet werden, dass zu einem beliebigen Zeitpunkt alle Generatoren, die an das Netz angeschlossen sind, mit derselben Drehzahl laufen oder sich in einem «synchronisierten» Modus befinden.

[0003] Um Frequenzstabilität aufrechtzuerhalten, verfügen die 50-Hz-Netzrichtlinien einen Anstieg in der erzeugten Ausgabe von 4%–6% in 4–5 Sekunden, wenn die Frequenz unter einen bestimmten Wert fällt, zum Beispiel 49,5 Hz für ein 50-Hz-System. Diese Richtlinien schreiben auch vor, dass die Energieabgabe bis zu einem vorgegebenen Wert, zum Beispiel 48,5 Hz für ein 50-Hz-System, aufrechterhalten werden muss. Wenn ausserdem eine weitere Verringerung der Frequenz auftritt, ist unterhalb dieses Wertes eine Verringerung in der erzeugten Leistungsabgabe von 5 Prozent bei einer Frequenz von 47 Hz zum Schutz der Anlage, Netzerholung und -Stabilität vorgesehen.

Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, dass dieses Konzept auch für ein 60-Hz-System mit einer typischen Anforderung von 1% Frequenzregulierung gilt, wobei die Niederfrequenzklassifikation eine Frequenz umfasst, die von 57,8 Hz bis 59,5 Hz gilt.

[0004] Eine Frequenz, die kein fester Wert ist, kann einfach als Änderung in der Richtung des Stromflusses in einem Wechselstromsystem (AC-System) erklärt werden. Die Netzfrequenz ist direkt mit der Drehzahl der Generatoren verbunden und ist auch ein Hinweis auf normale Schwankungen in der Balance zwischen Energieerzeugung und -verbrauch. Zum Beispiel rotieren die Generatoren in 50-Hz-Systemen mit einer Drehzahl von 3000 U/min, weil der Rotor im Generator zwei Pole hat und daher 3000 U/min 50 Umdrehungen pro Sekunde entspricht, oder schneidet das einzelne Magnetfeld die Statorspulen in jeder Sekunde 50 mal.

[0005] Wenn mehrere Turbinengeneratoren die Drehzahl auf Grund von Kapazitätsbeschränkungen nicht erhöhen können, werden andere Generatoren im Netz zum Kompensieren benötigt. Wenn alle Generatoren ihre Netzlieferungs-/beitragskapazitätsbeschränkungen erreichen oder wenn es einen Erzeugungsverlust gibt oder einen starken Anstieg der Belastung, kann das Netz anfangen, mit einer niedrigeren Frequenz zu arbeiten. Das ist ein Anzeichen dafür, dass das Netz überlastet ist und Nachfrage-/Generatorausgabeänderungen erforderlich sind, um die Netzstabilität aufrechtzuerhalten. Im Gegenzug führt eine Verringerung der Drehzahl zu einem reduzierten Volumenstrom/Massenstrom durch den Gasturbinenkompressor und zu einer Reduzierung der Gasturbinenleistung. Wenn diese Situation eintritt, werden normalerweise sofort geeignete Massnahmen ergriffen, um dieses Verhalten zu kompensieren.

[0006] Um zum Beispiel die Anforderungen an die durch Unterfrequenz induzierte Leistung zu erfüllen, haben Gasturbinen-Hersteller mehrere Massnahmen genutzt, die kurzfristig umgesetzt werden können, um die Leistung zu erhöhen. Die Standardvorgehensweise besteht darin, schnell die Dralldrosseln (IGVs) am Kompressor zu öffnen, während gleichzeitig der Brennstoffzufluss erhöht wird, um die Turbinendrehzahl zu erhöhen. Diese herkömmliche Reaktion kann jedoch nur für eine begrenzte Erhöhung der Leistung von 1%–2% sorgen und hängt von der Belastung des Turbinengenerators ab Grundlast oder Teillast – zur Zeit der Störung – und von der Fähigkeit der Turbine, ihre Feuerungsbeschränkungen durch Spitzen- oder Überfeuerung zu übersteigen.

[0007] Gasturbinen sind im Allgemeinen mit dem elektrischen Netz in einem Gleichlaufschwankungsmodus (4% Standard) verbunden, mit dem primären Ziel, angemessene Leistung zu liefern und die Netzfrequenz innerhalb der festgelegten Betriebsgrenzen zur Netzbetriebsstabilität aufrechtzuerhalten. Netzininstabilitäten, die auf grosse Verluste oder Zusätze in der angeschlossenen Erzeugung oder Belastungen zurückzuführen sind, haben eine beträchtliche Auswirkung auf die Netzfrequenz. Abhängig von der Art der Last- oder Erzeugungsänderung erhöht oder verringert sich die Systemfrequenz. Im Gleichlaufschwankungsmodus bewirken diese Änderungen in der Netzfrequenz, dass die Gasturbine ihre Leistungsabgabe entweder erhöht oder verringert, um die gewünschte Netzfrequenz aufrechtzuerhalten.

[0008] Wenn sich die angeschlossene elektrische Last im Netz erhöht, arbeiten die Generatoren tendenziell mit einer niedrigeren Drehzahl. Dies wird durch reguläre Frequenz-steuerungsmassnahmen kompensiert, wie zum Beispiel die Zufuhr von mehr Brennstoff zu den Turbinen, bei gleichzeitiger Einstellung des Luftstroms zum Kompressor, wodurch die Drehzahl erhöht wird. Zum Beispiel nutzen Unterfrequenzreaktionssysteme nach dem Stand der Technik die innewohnenden Vorteile der Wet Compression, um eine Leistungssteigerung durch erhöhten Massenstrom zu erreichen, der durch Injektion von Wasser in die Kompressorentleerungskammer (CDC) und/oder das Verbrennungssystem erlangt wird, um den Luftmassenstrom zu erhöhen und die Lufttemperatur zu reduzieren. Der Kühleffekt erhöht die Dichte der Luft, um so

das Kompressionsverhältnis durch «wet compression» zu erhöhen. Die Turbine kann dann bei voller Drehzahl mit künstlich erhöhter Luftdichte laufen, um eine Erhöhung der Leistungsabgabe zu erreichen.

**[0009]** In Wet-Compression-Systemen sind die Turbinensteuerungen so ausgelegt, dass in Verbindung mit der gleichzeitigen Brennstoff- und Luftzufuhr ein Sprühnebel von entmineralisiertem Wasser vorübergehend in den Kompressoreinlass gespritzt wird, wenn es eine Netzstörung gibt, die die Erzeugung zusätzlicher Leistung erfordert. Das Verdampfen von entmineralisiertem Wasser kühlt den Luftstrom, der in den Kompressoreinlass eintritt. Die Masse dieses eingespritzten entmineralisierten Wassers erhöht die Luftdichte und folglich den Massenstrom durch den Kompressor auf Grund dieser Kühlung. Die schnelle Aktivierung dieser Arten von Systemen stellt jedoch eine Herausforderung für die Steuerungssysteme dar, um die optimale Steuerung aufrechtzuerhalten, da die Erhöhung der Leistung nur kurzzeitig wirksam werden kann, wenn die Gasturbinensteuerung und die Wassereinspritzung perfekt koordiniert sind. Ausserdem verstärken herkömmliche Luftstromverstärkungssysteme den Luftstrom im Wesentlichen nicht schnell genug, um die oben erwähnten Standardverfügungen für die zeitliche Reaktionskoordinierung zu erfüllen.

**[0010]** Die GE-Patentanmeldung Nr. 2008/0 047 275 A1 beschreibt einen Steuerungsplan zum Beseitigen der Reaktionsverzögerung auf Grund von Änderungen im Kompressorluftstrom. Das System bestimmt eine Abweichung einer Netzfrequenz von einem genormten Netzfrequenzwert und stellt den Brennstoffström von einem Teil des Brennstoffkreislaufs ein, während es einen im Wesentlichen konstanten Luftstrom vom Kompressor aufrechterhält, um die Steuerung des Brennstoff-Kompressorentleerungs-Druckverhältnisses derart zu erleichtern, dass der Kompressorzustand nicht den Änderungen im Luftstrom hinterherläuft, wenn die Brennkammer auf die Netzfrequenzabweichung reagiert, und so, dass die Verbrennungsflamme nicht erlischt.

**[0011]** Während eines Netzereignisses mit Überfrequenz wird der Brennstrom zur Gasturbine reduziert, um der Turbine zu ermöglichen, die reduzierten Leistungsanforderungen des Netzes zu erfüllen. Alternativ kann eine Verringerung der Netzfrequenz, die auf verloren gegangene Erzeugung oder Hinzufügen einer starken Last zurückzuführen ist, zu einem Unterfrequenzereignis führen. Um diese Situation zu beheben, erzeugt die Gasturbine mehr Leistung, um das Netz zu stabilisieren. Bei solch einem Ereignis muss der Brennstoffström zur Gasturbine erhöht werden, um eine Instabilität in der Gasturbine zu verhindern.

**[0012]** Wenn eine Gasturbine, die mit maximaler Leistungsfähigkeit arbeitet, an das Netz angeschlossen wird, ist ihre Fähigkeit, für zusätzliche aktive Leistung zu sorgen, um das Netz während eines Unterfrequenzzustandes zu stützen, begrenzt. In einer solchen Situation, wenn die Gasturbine bei ihrer «maximalen Leistungsfähigkeit» ist, ist es notwendig, sie zu überfeuern oder mit der Leistungsspitze zu befeuern, damit sie die Unterstützungsanforderung des Netzes für die geforderte Perzentil-Leistung erfüllt. Das Überfeuern einer Turbine hat jedoch eine schädliche Auswirkung auf Emission, Einhaltung der Verbrennungsstabilität und die Gebrauchsdauer der Hot Gas Path (HGP)-Komponente, zum Beispiel durch die negative Wirkung auf die metallurgischen Eigenschaften der internen Turbinenkomponenten.

**[0013]** Die Frequenzregulierung und die Netzreaktionsbandbreite werden durch zahlreiche Regulierungsstellen global vorgeschrieben. Diese Bandbreite wird normalerweise durch Leistungsspitzenbefuerung der Gasturbine oberhalb der Grundlast erreicht, um eine Lieferung von 2-5 % zusätzlicher Leistung oberhalb der nominalen Grundlast zu ermöglichen, die auf der Zyklusconfiguration (einfacher oder kombinierter Zyklus) beruht. In einigen Fällen sind die Gasturbinen jedoch nicht zur Leistungsspitzenbefuerung in der Lage, und ein beträchtlicher Prozentsatz dieser Einheiten wird benötigt, um unter die Leistungsfähigkeit bei Grundlast herabgesetzt zu werden, damit die regionalen Netzvorschriften erfüllt werden. Um zum Beispiel eine Gasturbine nicht zu überfeuern, um den Bedarf des Netzes bei Unterfrequenzbedingungen zu erfüllen, ist es üblich, die Gasturbinen herabzusetzen, umso leichter eine Reserveleistungsfähigkeit (z.B. 5%) zu haben, um das Ankurbeln zu ermöglichen, falls es erforderlich ist, um die Rate einer schnellen Leistungserzeugungsrampe für Netzunterfrequenzanforderungen zu erreichen. Jedoch führt das Herabsetzen der Gasturbinen zu reduzierten Wirkungsgraden für die Gasturbinen und ist daher kostspielig und im Allgemeinen unerwünscht.

**[0014]** Ein verbessertes Verfahren und System zum Verstärken der Unterfrequenz-Netzreaktionsfähigkeit von Gasturbinen und, spezieller, Verfahren und Systeme zum Betreiben einer Gasturbine, um für eine verbesserte, schnellere Netz-Unterfrequenzunterstützung zu sorgen, ohne die Gasturbinen herabzusetzen, sind daher erwünscht.

### **Kurze Beschreibung der Erfindung**

**[0015]** Es wird ein System und Verfahren bereitgestellt, das das Unterfrequenzverhalten von Gasturbinen durch Bereitstellen eines schnell reagierenden Leistungserhöhungssystems verbessert. In beispielhaften Ausführungsformen umfasst das System einen Tank, der einen Antriebskraftstoff speichert, wie zum Beispiel eine Mischung von Ethanol oder Methanol und entmineralisiertem Wasser in einem vorgegebenen Verhältnis, das als Verdünnungsmittel in die Kompressoreinströmungsdüse, die Kompressorentleerungskammer (CDC) und/oder das Verbrennungssystem über ein bis drei zugeordnete Kreisläufe eingespritzt werden soll. Diese Mischung hat den doppelten Zweck, die Verdampfungstemperatur im Vergleich zu Wasser allein zu senken sowie gleichzeitig eine Brennstoffquelle hinzuzufügen, um den erhöhten Luftmassenstrom aufzunehmen. Um das sofortige Einspritzen des Verdünnungsmittels mit dem richtigen Druck über die geeignete Dauer zu erreichen, um den Forderungen der Netzeinhaltungsvorschriften für die Gasturbine nachzukommen, wird ein Speicher als Antriebskraftstoff zum Antreiben des Verstärkungsfuids in den zugeordneten Kreisläufen verwendet. Das eingespritzte

Verdünnungsmittel wird durch Mikroprozessorsteuerung auf der Grundlage einer Bestimmung der besten Turbinensteuerung und -leistungsfähigkeit gleichzeitig in alle drei Kreisläufe eingebracht oder nacheinander.

**[0016]** In einer ersten beispielhaften Ausführungsform wird durch Kompressorentlüftung der Speicher unter Druck gesetzt und nimmt an einem Kompressoreinlass eine Fluideinspritzung eines Leistungserhöhungsfluids auf, wie zum Beispiel einer Wasser-Methanol- oder -Ethanol-Mischung, die in einem Fluidspeicher-tank gespeichert ist und in den Speicher gepumpt wird, um vorgegebene Füllstände aufrechtzuerhalten. Andererseits wird in einer zweiten beispielhaften Ausführungsform eine zugeordnete Speicherdruckaufbaupumpe anstelle der Kompressorentlüftung eingesetzt und spritzt das Leistungserhöhungsfluid in die Kompressorentleerung und/oder das Verbrennungssystem.

**[0017]** Ein Leistungserzeugungssystem, das hierin offenbart wird, umfasst einen Turbinenmotor, der an das Stromnetz angeschlossen ist, einen Kompressor, der dem Turbinenmotor Druckluft zuführt, und ein Turbinenmotorsteuersystem. In einer beispielhaften Ausführungsform umfasst das Turbinenmotorsteuersystem Sensoren, die die Frequenzabweichungen des Stromnetzes gegenüber einem genormten Netzfrequenzwert überwachen, und einen Controller, der den Brennstoff- und Luftstrom zum Turbinenmotor als Reaktion auf die festgestellten Netzfrequenzschwankungen einstellt. Der Controller sorgt für Antriebsbrennstoff, wie zum Beispiel eine Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol, zumindest für den Kompressor, um den Massenstrom zum Turbinenmotor zu erhöhen, wenn die Sensoren einen Unterfrequenzzustand des Stromnetzes feststellen. Ein Speicher speichert die Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol unter Druck. Der Druckaufbau erfolgt durch ein Luftdruckaufbausystem, das ständig den Speicher mit einem Druck belastet, der effektiv für verzögerungsfreie Ansprechbarkeit als Reaktion auf das Feststellen eines Unterfrequenzzustandes des Stromnetzes sorgt. Das Luftdruckaufbausystem kann einen Strömungskanal umfassen, der für Kompressorentlüftung in den Speicher unter Steuerung durch den Controller oder einer Entleerungsluftpumpe mit variabler Frequenz sorgt, die unabhängig vom Kompressor ist.

**[0018]** In beispielhaften Ausführungsformen ist der Speicher so ausgelegt, dass er selektiv die Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol über einen ersten Strömungsweg zu einer Einspritzdüse, über einen zweiten Strömungsweg zum Kompressor am Ausgang des Kompressors und/oder über einen dritten Strömungsweg zum Verbrennungssystem des Turbinenmotors unter der Kontrolle des Controllers bereitstellt. Der Controller ist mit einem Satz von Regeln zum Steuern der Zufuhr des Massenstroms der Mischung programmiert, der für die Erhöhung der Leistung des Turbinenmotors als Reaktion auf einen festgestellten Unterfrequenzzustand des Stromnetzes verwendet wird. Erfasste Werte werden auf der Grundlage eines Grades der Unterfrequenzabweichungs- und Reaktionszeitanforderungen verarbeitet und die verarbeitete Ausgabe wird zum selektiven Steuern der Bereitstellung der Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol für den ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg verwendet. Der Algorithmus wird in der Steuerungssoftware des Erhöhungssystems implementiert, das eine Schnittstelle mit dem Steuersystem der Gasturbine hat, welches Turbinenbetriebsparameter, Netzfrequenzschwankungen zum Bestimmen des Entladungsdrucks und die Stromzuweisungsrate zum Zuordnen der Mischung von Wasser und Ethanol oder Methanol zum, ersten zweiten und/oder dritten Strömungsweg als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand verarbeitet.

**[0019]** Ein Verfahren zum Steuern der Zufuhr von Brennstoff und Luft zu einem Turbinenmotor und/oder einem Luftkompressor wird ebenfalls beschrieben, der Druckluft für den Turbinenmotor bereitstellt, wobei der Turbinenmotor mit einem Stromnetz verbunden ist, um demselben die erzeugte Leistung bereitzustellen. Das Verfahren umfasst das Bestimmen einer Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes von einem genormten Netzfrequenzwert und Einstellen des Luftstroms zur Massenerhöhung zumindest für den Kompressor durch Bereitstellen eines unter Druck stehenden Antriebsbrennstoffs, wie zum Beispiel einer Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol zumindest für den Kompressor, um den Massenstrom zum Turbinenmotor zu erhöhen, wenn die Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes festgestellt wird. Das Verfahren umfasst auch das selektive Bereitstellen der Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol unter Programmsteuerung über einen ersten Strömungsweg zu einer Einspritzdüse des Kompressors, über einen zweiten Strömungsweg zu einer Kompressorentleerungskammer an einem Ausgang des Kompressors und/oder über einen dritten Strömungsweg zu einem Verbrennungssystem des Turbinenmotors unter der Kontrolle des Controllers. Das Programm umfasst einen Algorithmus, der auf Turbinenbetriebsparametern, Netzvariationen beruht, zum Bestimmen des Entleerungsdrucks und der Druckabbaurate zum Rationieren der Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol für den ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand. Das Verfahren umfasst ferner den Schritt des Aufrechthaltens von konstantem Luftstrom vom Kompressor durch Modulieren der Dralldrosseln und des Brennstoffstroms zum Kompressor und zum Turbinenmotor, um das Steuern eines Brennstoff-Kompressorentleerungs-Druckverhältnisses so erleichtern, dass ein Verbrennungszustand des Turbinenmotors keine Änderungen im Luftström verzögert, wenn eine Brennkammer des Turbinenmotors auf die Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes reagiert.

**[0020]** Das System und das Verfahren, die hierin beschrieben werden, stellen also ein Turbinensteuerungssystem zum Aufrechterhalten eines im Wesentlichen konstanten Luftstroms vom Kompressor bereit, um das Steuern eines Brennstoff-Kompressor-entleerungs-Druckverhältnisses derart zu erleichtern, dass ein Brennkammerzustand keine Änderungen im Luftstrom verzögert, wenn das Verbrennungssystem auf die Netzfrequenzabweichung reagiert. In beispielhaften Ausführungsformen wird Druckluft als Antriebsbrennstoff für die erste Reaktion auf die Unterfrequenzbestimmung verwendet, um für eine verzögerungsfreie Ansprechbarkeit zu sorgen. Ausserdem lenkt ein Speicher die Kombination aus Wasser und Ethanol/Methanol zu einem, zwei oder einer Kombination der drei möglichen Orte zum Steuern der Turbine. Nach

der Anfangsreaktion kann ein herkömmlicher Motor verwendet werden, um für eine kontinuierliche Entleerung zu sorgen, während der Speicher wieder aufgeladen wird, um den Motor zu unterstützen, wenn dies für notwendig gehalten wird.

[0021] Andere Merkmale und Vorteile der beanspruchten Erfindung werden aus der folgenden, detaillierteren Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen ersichtlich, wenn sie in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen benutzt werden, die als Beispiel die Prinzipien bestimmter Erscheinungsformen der beanspruchten Erfindung illustrieren.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

#### [0022]

Fig. 1 illustriert eine erste Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems.

Fig. 2 illustriert eine zweite Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems.

Fig. 3 illustriert eine dritte Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems.

### Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Die Ausführungsformen, die hierin offenbart werden, sorgen für eine verbesserte Unterfrequenzreaktion für Gasturbinen, indem sie ein schnell reagierendes Leistungserhöhungssystem bereitstellen. In jeder beispielhaften Ausführungsform wird ein Tank, der eine Mischung aus Ethanol oder Methanol und entmineralisiertem Wasser in einem vorgegebenen Verhältnis speichert, als Verdünnungsmittel bereitgestellt, das in die Kompressoreinspritzdüse, die Kompressorentleerungskammer (CDC) und/oder das Verbrennungssystem eingespritzt werden soll. Um die sofortige Einspritzung des Verdünnungsmittels mit dem richtigen Druck für die angemessene Dauer zu erreichen, wird ein Speicher verwendet, dem Druckluft vom Kompressor oder von einer separaten Luftpumpe zugeführt wird. Das Einspritzen des Verdünnungsmittels wird durch einen Mikroprozessor gesteuert, das entweder als Massenstromerhöhungsfliuid einem Kreislauf zugeführt wird, gleichzeitig drei Kreisläufen zugeführt oder den Kreisläufen auf der Grundlage einer Bestimmung der besten Turbinensteuerung und -leistungsfähigkeit zugeführt wird. Die Druckluft-, Wasser- und Ethanol/Methanol-Mischung zerstäubt schneller und sorgt für eine sofortige Reaktion.

[0024] Das Generatorschutz- und -Steuerungssystem und der Gasturbinencontroller umfassen Sensoren zum Bestimmen der Netzfrequenz, um den Turbinendrehzahl- und Generatorschutz zu erleichtern. Eine negative Frequenzabweichung vom genormten Frequenzwert veranlasst den Turbinencontroller, den Luft- und Brennstoffström einzustellen, um den geeigneten inkrementalen Prozentsatz an Energie zu erzeugen, der den Anforderungen des Netzrichtlinien entspricht. Ausführungsformen zur effizienten Ausführung dieser Funktion werden unten in Verbindung mit den Fig. 1–3 beschrieben.

[0025] Fig. 1 illustriert eine erste Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems 100. Der Speichertank 102 in Fig. 1 enthält eine vorgegebene Menge einer (vorzugsweise homogenen) Mischung aus Ethanol oder Methanol und entmineralisiertem Wasser in einem vorgegebenen Verhältnis (z.B. 50:50). Die Menge der Mischung wird vom Füllstandssensor 104 überwacht und beruht auf den Ausgabeanforderungen der Gasturbine 105, wobei die Strömungsanforderungen den Anforderungen an die Netzreaktions-Ausgabeerhöhung und der Dauer der geforderten Reaktion entsprechen sollen, die in den speziellen Netzrichtlinien vorgeschrieben sind. Wie illustriert, wird die Mischung aus Ethanol oder Methanol und entmineralisiertem Wasser über die primäre Speisepumpe 106 und die Ersatzspeisepumpe 108 zugeführt, wenn das Steuerungssystem auf Mikroprozessorbasis 110 die Pumpe veranlasst, mit dem Pumpen von Fluid zum Speichertank 112 zu beginnen. Der Strom der Mischung zum Speichertank 112 wird vom Strömungssensor 114 überwacht und dem Steuerungssystem 110 zur Rückkopplungskontrolle zugeführt. Der Füllstandssensor 116 vergleicht den Fluidfüllstand mit dem Minimalfüllstand 118 und dem Maximalfüllstand 120, um Daten an das Steuerungssystem 110 zu liefern, die anzeigen, ob der Fluidfüllstand im Speichertank 112 bei oder unter einem Minimalfüllstand oder bei oder über einem Maximalfüllstand liegt, so dass das Steuerungssystem 110 die Speisepumpen 106 und 108 geeignet ein- oder ausschalten kann.

[0026] Wie in Fig. 1 illustriert, nimmt der Speichertank 112 auch eine Druckluftzufuhr auf, die aus dem Kompressor 122 abgelassen und über ein Regelventil 124 dem Speichertank 112 zugeführt wird, um das Fluid im Speichertank 112 unter Druck zu setzen. Ein Strömungssensor 126 liefert Strömungsdaten an das Steuerungssystem 110, so dass das Steuerungssystem Verstopfungen feststellen, einen Abfall im Luftdruck im Speichertank 112 kompensieren kann und anderweitig den Luftstrom durch Einstellen des Regelventils 124 regulieren kann. Der Drucksensor 128 misst den Druck der Druckluft im Speichertank 112, um Rückkopplungssteuerungsdaten an das Steuerungssystem 110 zu liefern. Zum Beispiel versorgt der Drucksensor 128 ein Notfallsystem, das den Druck im Speichertank 112 auf einem optimalen Luftdruck für eine erforderliche Entleerungsreaktion aufrechterhält, die wiederum eine Funktion der Anforderungen an die Reaktionszeit, Abstand der Rohrleitungen vom Kompressor, Größe der Strömungsleitung usw. ist. Zum Beispiel ist ein optimaler Luftdruck ein Luftdruck, der für effektiv verzögerungsfreie Ansprechbarkeit bei der Reaktion auf die Feststellung eines Unterfrequenzzustandes im Stromnetz sorgt. Es ist zu erkennen, dass nach der anfänglichen, effektiv unverzüglichen Entleerung von Druckluft aus dem Speichertank 112 als Reaktion auf einen Unterfrequenzzustand der Speichertank 112 bis zu 1–2 Minuten benötigt, um sich wieder mit Druckluft und Fluid aus dem Vorratstank 102 aufzufüllen. In beispielhaften Ausführungsformen ist es daher wünschenswert, für eine ausreichende Luftentleerung zu sorgen, um das System für 1-2 Minuten mit Energie zu versorgen oder zumindest, bis die Fluidpumpen vollständig ihre Drehzahl erreicht haben.

**[0027]** Bei Betrieb des Stromnetzes mit einem genormten Netzfrequenzwert ruht das Steuerungssystem auf Mikroprozessorbasis 110 für das Unterfrequenzreaktions-Steuerungssystem 100, ist aber in ständiger Kommunikation mit dem Generatorschutzpanel (GPP) und Gasturbinencontroller 130. Sobald es eine negative Abweichung in der Netzfrequenz vom genormten Netzfrequenzbereich gibt - ein Unterfrequenzzustand, wird das System 100 sofort in Betrieb genommen.

**[0028]** Bei bestätigter Feststellung einer Unterfrequenzsituation veranlasst der Controller 110 die Freisetzung von Druckluft aus dem Speichertank 112, die für die Zuführung des Verstärkungsfluidstroms durch das Regelventil 132 zu den Verstärkungsfluidkreisläufen 134 sorgt, was für die Bereitstellung der Mischung für die Kompressoreinspritzöffnung 136, CDC 138 und/oder Brennkammer 140 sorgt, um bei der Leistungserhöhung und der Kontrolle von Emissionen zu helfen, wie gezeigt. Der Gasturbinencontroller 130 moduliert die Dralldrosseln (IGV) 141, um einen im Wesentlichen konstanten Luftstrom zum Kompressor 122 aufrechtzuerhalten, um das Kontrollieren eines Brennstoff-Kompressorentleerungs-Druckverhältnisses so zu erleichtern, dass ein Brennkammerzustand 140 Änderungen im Luftstrom nicht verzögert, wenn das Verbrennungssystem auf die Netzfrequenzabweichung reagiert.

**[0029]** Während der anfänglichen Entleerung mit der Luft auf Speicherbasis läuft die elektrische Pumpe (nicht dargestellt), die im System enthalten ist, an und entleert das Verstärkungsfluid. Wenn in diesem Sinne der Luftstrom/-druck vom Speichertank 112 abfällt, wird diese elektrisch betriebene Pumpe ebenfalls vom «Trigger»-Signal gestartet und hält den Strom von Verdünnungsmittel in die Verstärkungsfluidkreisläufe 134 nach Bedarf für die Dauer weiter aufrecht, die erforderlich ist, um die Vorschriften der Netzrichtlinien zu erfüllen. Während dieser Zeit wird der Speicher 112 kontinuierlich durch Kompressorabblauf oder durch die Druckaufbaupumpe wieder aufgeladen und bleibt für die nächste Unterfrequenzsituation unter Druck.

**[0030]** In der Ausführungsform von Fig. 1 kann das Steuerungssystem 110 selektiv die Verstärkungsfluidkreisläufe 134 durch Steuerung der Regelventile 142, 144 und 146 in den jeweiligen Kreisläufen auf der Grundlage der Reaktionsanforderungen steuern. Mit anderen Worten, kann das Steuerungssystem 110 das Bereitstellen der Kombination von Wasser und Ethanol/Methanol an einem, zwei oder einer Kombination der drei möglichen Stellen steuern, um die Turbine 105 auf der Grundlage des Grades des gemessenen Unterfrequenzzustandes und der Reaktionsanforderungen zu steuern. Zum Beispiel kann die Kombination von Wasser und Ethanol/Methanol über alle drei Strömungswege bereitgestellt werden, um sich für einen steilen Frequenzabfall einzustellen. Alternativ können nur ein oder zwei Steuerungspfade für einen weniger starken Frequenzabfall verwendet werden.

**[0031]** In einer beispielhaften Ausführungsform arbeitet das Steuerungssystem 110 unter Softwareprogrammkontrolle, um einen Satz von Regeln zur Steuerung der Zufuhr des Massenstroms der Mischung zu implementieren, der zum Verstärken der Leistung als Reaktion auf eine Netzunterfrequenzabweichung verwendet wird, indem die Bereitstellung der Wasser-Ethanol/Methanol-Mischung aus dem Speichertank 112 für die jeweiligen Strömungswege 134 selektiv gesteuert wird. Das Softwareprogramm kann in einer beispielhaften Ausführungsform einen vorgegebenen Algorithmus umfassen, der auf Turbinenbetriebsparametern, Netzschwankungen zum Bestimmen des Entleerungsdrucks und der Druckabfallrate zum Zuteilen des Massenstromverstärkungsfluids zu jeweiligen Verteilungskreisläufen als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand beruht. Da solch ein Algorithmus für Fachleute eindeutig ist und stark von der speziellen Konfiguration abhängt, werden Details eines solchen Algorithmus hier nicht angeführt. Die Strömungssensoren 148, 150 und 152 und der Drucksensor 154 liefern Rückkopplungsinformationen an das Steuerungssystem 110 zum Verarbeiten durch den Algorithmus, und das Steuerungssystem 110 wiederum liefert Ausgaben zum Regulieren des Stroms der Mischung durch Einstellen der Regelventile 142, 144 und/oder 146.

**[0032]** Fig. 2 illustriert eine zweite Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems. Die Ausführungsform von Fig. 2 ist dieselbe wie in Fig. 1, ausser dass der Gasturbinencontroller 130 nicht dargestellt ist und nur ein einziger Steuerungspfad zum Bereitstellen der Kombination aus Wasser und Ethanol/Methanol für die Einströmdüse des Kompressors 122 vorgesehen ist. Da nur ein Pfad 134' anstelle von drei Pfaden, wie in der Ausführungsform von Fig. 1, vorhanden ist, sorgt diese Ausführungsform für eine relativ grobe Einstellung im Vergleich zu der Ausführungsform von Fig. 1.

**[0033]** Fig. 3 illustriert eine dritte Ausführungsform des Unterfrequenz-Reaktionskontrollsystems. Die Ausführungsform von Fig. 3 ist dieselbe wie die Ausführungsformen von Fig. 1 und 2, ausser dass der Gasturbinencontroller 130 nicht dargestellt ist und eine separate Speicherdruckluftzufuhr durch eine Druckaufbaupumpe 300 mit variablem Frequenzantrieb (VFD) vorgesehen ist, die durch einen Motor 302 statt der Entlüftung des Kompressors 122 angetrieben wird. In der Ausführungsform von Fig. 3 stellen zwei Strömungswege 134'' die Kombination von Wasser und Ethanol/Methanol für die Einströmdüse 136 des Kompressors 122 bereit sowie die Option, die Kombination von Wasser und Ethanol/Methanol für den Kompressor 122 und/oder die Brennkammer 140, nicht aber für CDC bereitzustellen. Wie illustriert, können die Strömungswege 134'' die Strömungssensoren 304 und Drucksensoren 306 zum Liefern von Rückkopplungsinformationen an das Steuerungssystem 110 zum Regulieren des Stroms der Mischung umfassen, indem die Regelventile 308 in jedem Strömungsweg eingestellt werden.

**[0034]** Technische Effekte und Vorteile des Unterfrequenzreaktionssystems und das Verfahren, das hierin beschrieben wird, umfassen die Verstärkung des Massenstroms der Einheit und die Koordination des Massenstroms mit der Erhöhung der Anforderungen an den Brennstoffstrom. Weitere Effekte und Vorteile umfassen ein oder mehrere der folgenden für jede der illustrierten Ausführungsformen:

- die Methanol/Ethanol-Wasser-Mischung verdampft schneller und bei einer niedrigeren Temperatur als Wasser allein, ermöglicht daher kühlere, stärker komprimierte Luft, die der Turbine für eine verbesserte Reaktion zugeführt wird;
- die Methanol/Ethanol-Wasser-Mischung bringt gleichzeitig mehr Brennstoff und den erhöhten Luftmassenstrom zusammen, was eine verbesserte Reaktion des Verbrennungssystems ermöglicht;
- eine Turbine, die mit dem Netz verbunden ist, kann bei ihrer echten Grundlast-Leistungsdimensionierung betrieben werden – es ist keine Herabstufung der Gasturbine erforderlich, um die Reaktionsanforderungen für das Netz zu erfüllen;
- ein System kann für eine oder mehrere Einheiten installiert werden, die durch ein spezifisch konfiguriertes Steuerungssystem unterstützt werden;
- ein System kann in ein «Lastverteilungssystem» integriert werden, das gegenwärtig an Orten mit mehreren Einheiten installiert ist, die mit demselben Netz verbunden sind;
- ein System, wenn es installiert ist, hat keine Auswirkung auf die Anlagenzuverlässigkeit und die Heizungsleistung;
- das System beseitigt die Notwendigkeit, mit anhaltender Dynamik zu arbeiten, wenn Netz-Unterfrequenzänderungen ausserhalb der Reaktionsfähigkeit der angeschlossenen Maschine liegen;
- das System sorgt für die Nutzung von weit gefächerten Mischungen von Antriebsfluiden zur Massenstromverstärkung neben der Ethanol/Methanol-Wasser-Mischung, die hierin beschrieben wird;
- das System standardisiert die Netz-Unterfrequenzreaktion und optimiert deren Steuerung;
- das System sorgt für zusätzliche Abstimmungskapazität für das Verbrennungssystem durch selektives Bereitstellen der Kombination von Wasser und Ethanol/Methanol an einem, zwei oder einer Kombination von drei möglichen Orten zum Steuern der Turbine auf der Grundlage des Grades des gemessenen Unterfrequenzzustandes und der Reaktionsanforderungen;
- das System sorgt für eine kürzere Reaktionszeit bei einem Wechsel der Frequenz, d.h. das speicherbasierte Einspritzsystem kann schneller als ein motorbetriebenes System hochfahren oder abschalten, um die anvisierten Netzstützungsanforderungen zu erfüllen;
- Protokolle können geändert werden, wodurch das Einspritzen als Teil der Trocken-Niedrig-NOx- (DLN)-Systemabstimmung aufgenommen werden kann;
- das System kann in Gegenden der Welt verwendet werden, wo die Netze sehr instabil sind, und in Situationen, wo Kunden wegen einer nachweislich verbesserten Unterfrequenzreaktion einen erhöhten Ertrag haben;
- das System führt zu einer Reduzierung beim Überfeuern von Turbinen, um die Unterfrequenzreaktionsanforderungen zu erfüllen, was die Gebrauchsdauer der Anlage verbessert;
- das System kann zur Leistungserhöhung und NOx-Reduzierung genutzt werden; und
- das System kann leicht bei älteren Gasturbinen mit DLN-Option nachgerüstet werden.

### Betriebshinweise

**[0035]** Fachleute auf diesem Gebiet werden erkennen, dass zum Erfüllen der Forderungen des Netzes durch Erhöhen oder Verringern der Leistung, um die Frequenz zu stützen, das Turbinensteuerungssystem die Erhöhung oder Verringerung des Brennstoffstroms zum Verbrennungssystem automatisch regulieren muss. Da des Weiteren das Befeuern von Gasturbinen zur Einhaltung von Emissionsvorschriften auf Brennstoff-Luft-Verhältnissen beruht, wird die Erhöhung oder Verringerung des Brennstoffstroms durch entsprechendes Öffnen oder Schliessen der Dralldrosseln (IGVs) 141 erreicht wird, um den Luftstrom zur Brennkammer 140 zu erhöhen oder zu verringern, um so die Verbrennung unter Einhaltung der Emissionsvorschriften sicherzustellen. Unkontrolliertes Erhöhen oder Verringern sowohl des Brennstoffstroms wie auch gleichzeitig des Luftstroms kann zur Verbrennungsinstabilität/-abweichung führen.

**[0036]** Um des Weiteren alle Abweichungen bei der Verbrennung zu verhindern, werden Brennstoffstromanforderungen normalerweise vor den Luftstromeinstellungen veranlasst. Für Gasturbinen, die an ein Netz angeschlossen sind, werden in erster Linie zwei Parameter dazu verwendet, das Steuern von Brennstoff- und Luftstrom als Reaktion auf Netz-/Leistungsanforderungen zu erleichtern – das gemessene Kompressorverhältnis (CPR) und die gemessene Gasturbinenabgastemperatur (TTXM). Der Brennstoffstrom wird durch eine Position des Brennstoffventils gesteuert, und der Luftstrom wird durch eine Dralldrosselposition des Kompressors gesteuert. CPR und TTXM werden auch dazu verwendet, einen Zustand des Verbrennungssystems durch Steuern einer Brennstoffverteilung/-aufteilung auf die Brennkammerdüsen zu definieren. Die Brennstoffaufteilung wird durch ein Ventil erfasst und kontrolliert, das in jedem der Brennkammerbrennstoffschenkel positioniert ist. Eine Änderung des benötigten Brennstoffstroms und/oder des benötigten Luftstroms führt zum Beispiel erst zu einer Änderung an der Brennkammer-Brennstoffaufteilung, wenn die Änderungen an Brennstoffstrom/Luftstrom eine Änderung von CPR oder TTXM erzeugen. Durch die Konstruktion bleibt zum Beispiel der Brennkammerzustand hinter dem Zustand des Gasturbinenmotors zurück.

**[0037]** Wegen der Verzögerungen des Brennkammerzustandes können grosse Netzschwankungen, die im Allgemeinen schnelle Änderungen im Brennstoffstrom / Luftstrom verursachen, zu anomalen Brennkammerabläufen führen. Speziell kann während der Betriebsabläufe, bei denen der Brennstoffstrom verringert wird, die Brennkammer anfällig für einen Magerbrennstoffausbruch sein. Ausserdem kann der Betrieb unter Magerbrennstoffbedingungen dynamische Druckoszillationen innerhalb der Brennkammer verändern, was zur Instabilität der Brennkammer führt. Ausserdem können bei Betriebsabläufen, bei denen der Brennstoffstrom erhöht ist, dynamische Druckoszillationen der Brennkammer erzeugt werden, die eine Instabilität der Brennkammer verursachen können. Und schliesslich können die Instabilität der Brennkammer und/oder eine Flammenlöschung zu Verlust an Leistung für das Stromnetz führen. Diese Bedingungen können

durch Verwenden des Systems in Angriff genommen werden, das oben beschrieben wird, um für eine genauere Steuerung der Fluid-zufuhr zum Kompressor 122 und Gasturbine 105 während des normalen Betriebs zu sorgen. Diese und andere Modifizierungen am System, das oben beschrieben wird, sind für den Fachmann auf diesem Gebiet ersichtlich.

**[0038]** Die Terminologie, die hierin verwendet wird, dient nur dem Beschreiben spezieller Ausführungsformen und soll nicht die Erfindung einschränken. Wo die Definition von Begriffen von der häufig benutzten Bedeutung des Begriffs abweicht, hat der Antragsteller die Absicht, die Definitionen, die hierin bereitgestellt werden, zu nutzen, es sei denn, dies wird besonders angegeben. Die Singularformen «ein» und «der, die, das» sollen auch die Pluralformen umfassen, wenn der Kontext dies nicht klar anders anzeigt. Es versteht sich, dass, obwohl die Begriffe erster, zweiter usw. zur Beschreibung verschiedener Elemente verwendet werden können, diese Elemente nicht durch diese Begriffe beschränkt werden sollen. Diese Begriffe werden nur dazu verwendet, ein Element von einem anderen zu unterscheiden. Der Begriff «und/oder» umfasst jede und alle Kombinationen von einem oder mehreren der zugehörigen aufgeführten Objekte. Die Ausdrücke «angeschlossen an» und «verbunden mit» drücken direkte oder indirekte Verbindung aus.

**[0039]** Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung zu offenbaren, einschliesslich des besten Modus, und auch jedem Fachmann auf diesem Gebiet zu ermöglichen, die Erfindung praktisch umzusetzen, einschliesslich der Herstellung und Verwendung von Vorrichtungen oder Systemen und Ausführung aller darin enthaltenen Verfahren. Der patentierbare Geltungsbereich der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert und kann andere Beispiele umfassen, die den Fachleuten auf diesem Gebiet in den Sinn kommen. Solche anderen Beispiele sollen innerhalb des Geltungsbereichs der Ansprüche liegen, wenn sie Strukturelemente haben, die sich nicht von der wortgetreuen Sprache der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente Strukturelemente umfassen.

### Bezugszeichenliste

#### [0040]

- 100 Unterfrequenzreaktionssteuerungssystem
- 102 Speichertank
- 104 Füllstandssensor
- 105 Gasturbine
- 106 Haupt zuführpumpe
- 108 Ersatzzuführpumpe
- 110 Steuerungssystem auf Mikroprozessorbasis
- 112 Speichertank
- 114 Durchflusssensor
- 116 Füllstandssensor
- 118 Minimalstandssensor
- 120 Maximalstandssensor
- 122 Kompressor
- 124 Regelventil
- 126 Durchflusssensor
- 128 Drucksensor
- 130 Gasturbinencontroller
- 132 Regelventil
- 134 Kraftstoffschaltungen für Einströmdüse, CDC und/oder Verbrennungskammer
- 134´ Kraftstoffschaltungen für Einströmdüse
- 134`` Kraftstoffschaltungen für Einströmdüse und Verbrennungselemente
- 136 Einströmdüse

138	Kompressorentleerungskammer
140	Brennkammer
141	Dralldrossel
142	Regelventil
144	Regelventil
146	Regelventil
148	Durchflusssensor
150	Durchflusssensor
152	Durchflusssensor
154	Drucksensor
300	Druckaufbaupumpe mit Antrieb variabler Frequenz
302	Motorantrieb für Pumpe
304	Durchflusssensor
306	Drucksensor
308	Regelventil

### Patentansprüche

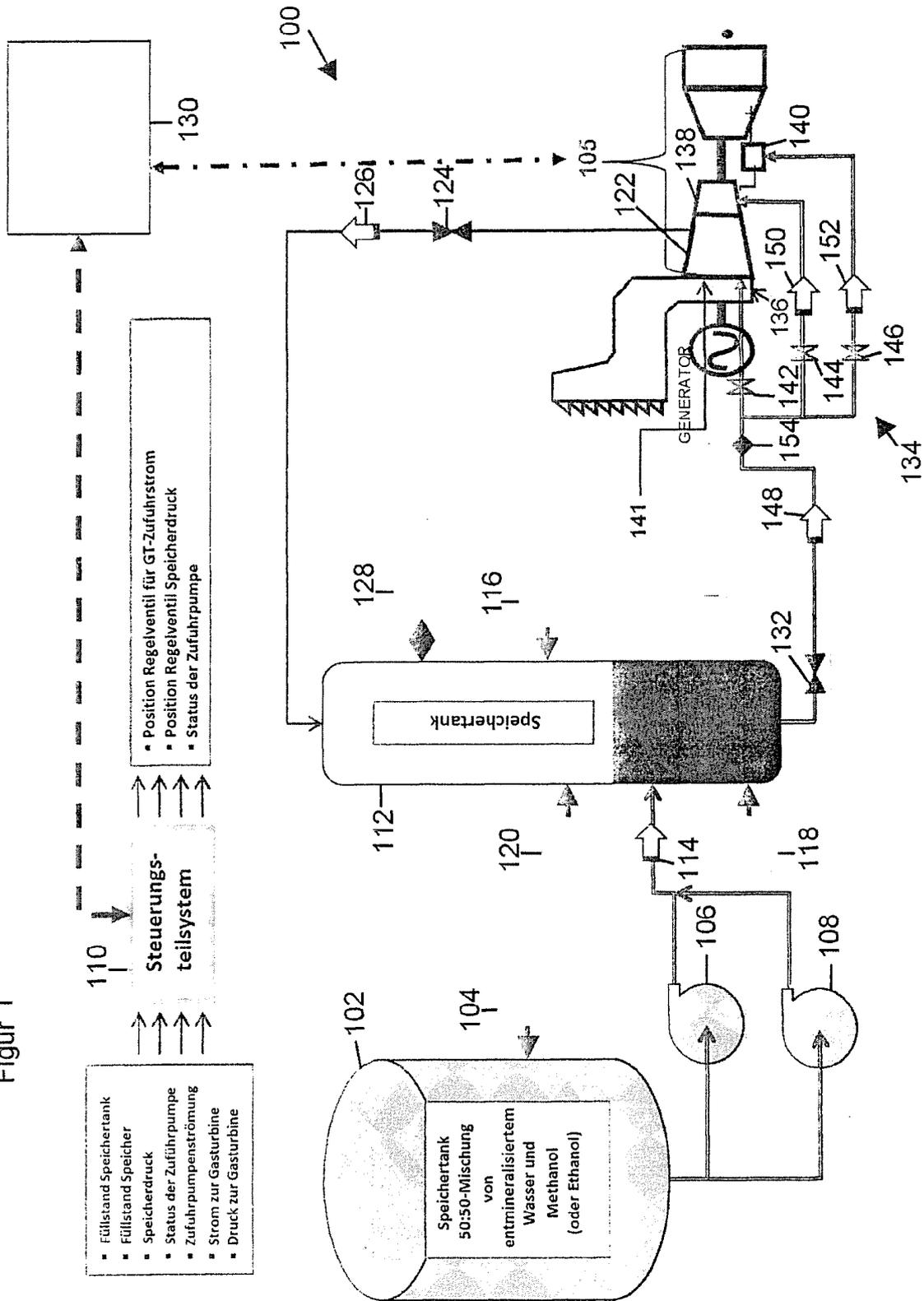
1. Turbinensteuerungssystem, das die Bereitstellung von Brennstoff und Luft für einen Turbinenmotor und/oder einen Luftkompressor steuert, der Druckluft für den Turbinenmotor bereitstellt, wobei der Turbinenmotor an ein Stromnetz angeschlossen ist, um erzeugte Energie für dasselbe bereitzustellen, wobei das System Folgendes umfasst: mindestens einen Sensor, der Frequenzabweichungen des Stromnetzes von einem genormten Netzfrequenzwert überwacht; einen Speicher, der eine Mischung aus Wasser und einem Antriebsbrennstoff unter Druck speichert; und einen Controller, der Brennstoff- und Luftstrom zum Turbinenmotor als Reaktion auf festgestellte Netzfrequenzschwankungen einstellt, wobei der Controller die unter Druck stehende Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff zumindest für den Kompressor bereitstellt, um den Massenstrom zum Turbinenmotor zu erhöhen, wenn der mindestens eine Sensor einen Unterfrequenzzustand des Stromnetzes feststellt.
2. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 1, wobei der Antriebsbrennstoff mindestens ein Element aus folgenden umfasst: Ethanol, Methanol oder eine Kombination derselben.
3. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 1, wobei eine Ausgabe des Speichers zum selektiven Bereitstellen der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff über einen ersten Strömungsweg zu einer Einspritzdüse des Kompressors, über einen zweiten Strömungsweg zu einer Kompressorentleerungskammer, über einen dritten Strömungsweg zu einem Verbrennungssystem des Turbinenmotors unter Kontrolle des Controllers oder für eine Kombination derselben ausgelegt ist.
4. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 3, wobei der Controller mit einem Satz von Regeln zum Steuern der Zufuhr des Massenstroms der Mischung programmiert ist, die zum Verstärken der Leistung des Turbinenmotors als Reaktion auf einen festgestellten Unterfrequenzzustand des Stromnetzes verwendet wird, um so selektiv die Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff für den ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg bereitzustellen, auf der Grundlage eines Grades des festgestellten Unterfrequenzzustandes und von Reaktionszeitanforderungen zum Korrigieren eines festgestellten Unterfrequenzzustandes.
5. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 4, wobei der Controller einen Prozessor umfasst, der Software zum Implementieren eines Algorithmus, welcher auf Turbinenbetriebsparametern, Netzschwankungen beruht, zum Bestimmen des Entleerungsdrucks und der Druckabfallrate zum Zuteilen der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff zum ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand verarbeitet.
6. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 1, das ferner ein Luftdruckaufbausystem umfasst, welches kontinuierlich den Speicher bis zu einem Druck auflädt, der für effektiv verzögerungsfreie Ansprechbarkeit als Reaktion auf das Feststellen eines Unterfrequenzzustandes des Stromnetzes sorgt.

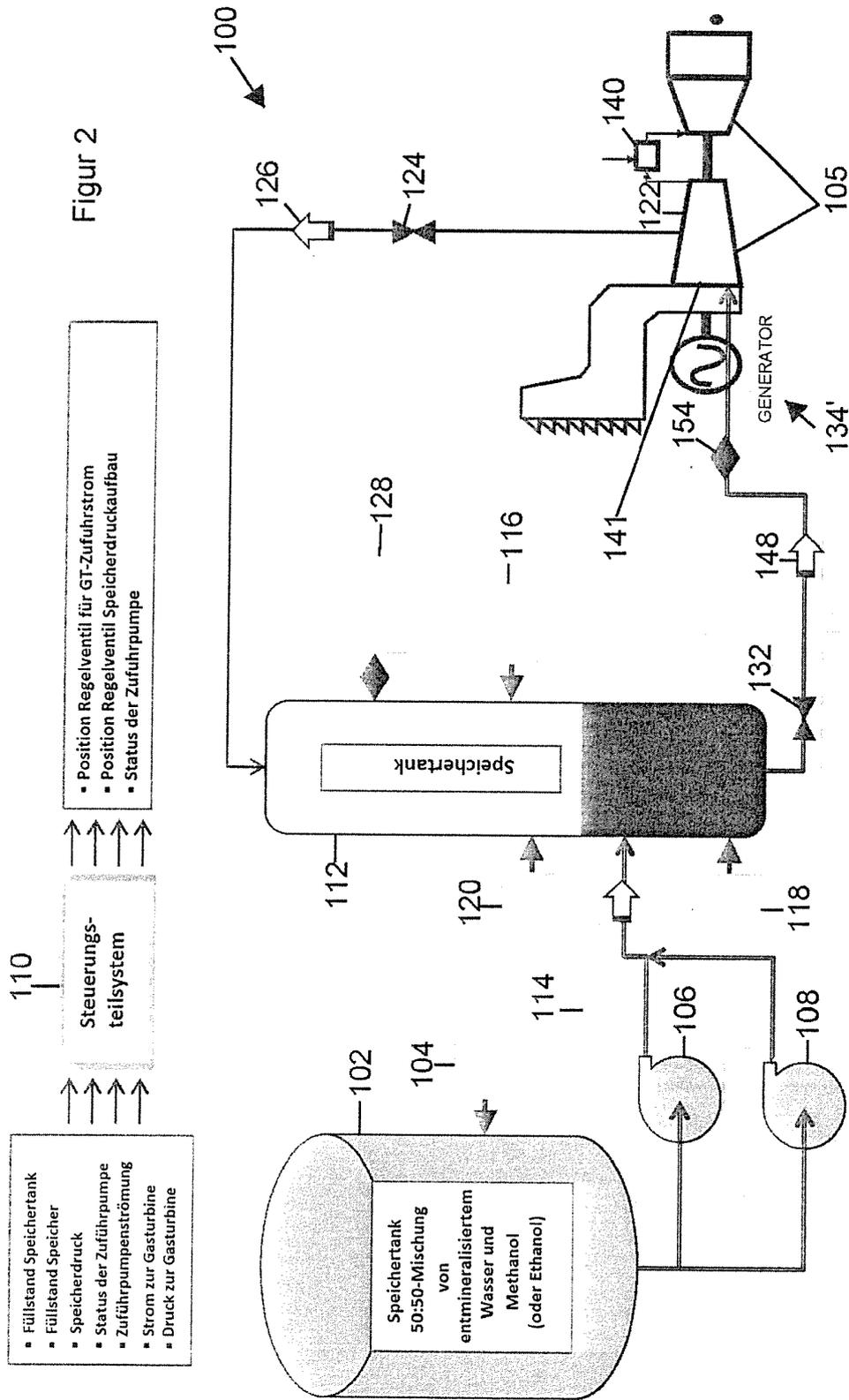
7. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 6, wobei das Luftdruckaufbausystem einen Strömungskanal umfasst, der für Kompressorentlüftung in den Speicher unter Steuerung des Controllers sorgt.
8. Turbinensteuerungssystem nach Anspruch 6, wobei das Luftdruckaufbausystem eine Luftpumpe variabler Frequenz umfasst.
9. Energieerzeugungssystem, umfassend:  
einen Turbinenmotor, der an ein Stromnetz angeschlossen ist;  
einen Kompressor, der Druckluft für den Turbinenmotor bereitstellt; und  
ein Turbinensteuerungssystem, das mindestens einen Sensor umfasst, welcher Frequenzabweichungen des Stromnetzes von einem genormten Netzfrequenzwert überwacht, und einen Controller, der den Brennstoff- und Luftstrom zum Turbinenmotor als Reaktion auf die festgestellten Netzfrequenzschwankungen überwacht, wobei der Controller selektiv einen Antriebsbrennstoff über einen ersten Strömungsweg zu einer Einströmdüse des Kompressors, über einen zweiten Strömungsweg zu einer Kompressorentleerungskammer, über einen dritten Strömungsweg zu einem Verbrennungssystem des Turbinenmotors oder über eine beliebige Kombination derselben unter Steuerung des Controllers bereitstellt, um den Massenstrom zum Turbinenmotor zu verstärken, wenn der Sensor einen Unterfrequenzzustand des Stromnetzes feststellt.
10. System nach Anspruch 9, wobei der Verstärkungsantriebsbrennstoff eine Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol ist, wobei das Turbinensteuerungssystem ferner einen Speicher umfasst, der die Mischung aus Wasser und Ethanol oder Methanol unter Druck speichert.
11. System nach Anspruch 10, wobei der Controller mit einem Satz von Regeln zum Steuern der Zufuhr des Massenstroms der Mischung programmiert ist, die zum Verstärken der Leistung des Turbinenmotors als Reaktion auf einen festgestellten Unterfrequenzzustand des Stromnetzes verwendet wird, um so selektiv die Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff für den ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg bereitzustellen, auf der Grundlage eines Grades des festgestellten Unterfrequenzzustandes und von Reaktionszeitanforderungen zum Korrigieren eines festgestellten Unterfrequenzzustandes.
12. System nach Anspruch 11, wobei der Controller einen Prozessor umfasst, der Software zum Implementieren eines Algorithmus, welcher auf Turbinenbetriebsparametern, Netzschwankungen beruht, zum Bestimmen des Entleerungsdrucks und der Druckabfallrate zum Zuteilen der Mischung aus Wasser und Ethanol/Methanol zum ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand verarbeitet.
13. System nach Anspruch 10, das ferner ein Luftdruckaufbausystem umfasst, welches kontinuierlich den Speicher bis zu einem Druck auflädt, der für effektiv verzögerungsfreie Ansprechbarkeit als Reaktion auf das Feststellen eines Unterfrequenzzustandes des Stromnetzes sorgt.
14. System nach Anspruch 13, wobei das Luftdruckaufbausystem einen Strömungskanal umfasst, der für Kompressorentlüftung in den Speicher unter Steuerung des Controllers sorgt.
15. System nach Anspruch 13, wobei das Luftdruckaufbausystem eine Luftpumpe variabler Frequenz umfasst.
16. Verfahren zur Steuerung der Bereitstellung von Brennstoff und Luft für einen Turbinenmotor und/oder einen Luftkompressor, der Druckluft für den Turbinenmotor bereitstellt, wobei der Turbinenmotor an ein Stromnetz angeschlossen ist, um erzeugte Energie für dasselbe bereitzustellen, wobei das System Folgendes umfasst:  
Feststellen einer Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes von einem genormten Netzfrequenzwert;  
Einstellen des Massenverstärkungsstroms zumindest zum Kompressor durch Bereitstellen einer unter Druck stehenden Mischung aus Wasser und einem Antriebsbrennstoff zumindest für den Kompressor, um den Massenstrom zum Turbinenmotor zu verstärken, wenn der Unterfrequenzzustand des Stromnetzes festgestellt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, das ferner den Schritt des Aufrechthaltens von konstantem Luftstrom vom Kompressor durch Modulieren der Dralldrosseln und des Brennstoffstroms zum Kompressor und zum Turbinenmotor umfasst, um das Steuern eines Brennstoff-Kompressorentleerungs-Druckverhältnisses so zu erleichtern, dass ein Verbrennungskammerzustand des Turbinenmotors keine Änderungen im Luftstrom verzögert, wenn eine Brennkammer des Turbinenmotors auf die Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes reagiert.
18. Verfahren nach Anspruch 16, das ferner das selektive Bereitstellen der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff über einen ersten Strömungsweg zu einer Einspritzdüse des Kompressors, über einen zweiten Strömungsweg zu einer Kompressorentleerungskammer, über einen dritten Strömungsweg zu einem Verbrennungssystem des Turbinenmotors unter Kontrolle des Controllers oder für eine Kombination derselben umfasst.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Bereitstellen der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff das Verarbeiten eines Algorithmus, der auf Turbinenbetriebsparametern, Netzschwankungen beruht, zum Bestimmen des Entleerungsdrucks und der Druckabfallrate umfasst, um die Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff dem ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg als Reaktion auf den festgestellten Unterfrequenzzustand zuzuteilen, und selektives Bereitstellen der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff zum ersten, zweiten und/oder dritten Strömungsweg, um den Unterfrequenzzustand zu korrigieren.

## CH 707 510 A2

20. Verfahren nach Anspruch 16, das ferner den Druckaufbau auf der Mischung aus Wasser und Antriebsbrennstoff bis zu einem Druck umfasst, der für effektiv verzögerungsfreie Ansprechbarkeit als Reaktion auf das Bestimmen einer Unterfrequenzabweichung des Stromnetzes sorgt.

Figur 1





Figur 3

