



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 052 345.6**

(22) Anmeldetag: **01.08.2011**

(43) Offenlegungstag: **16.02.2012**

(51) Int Cl.: **F02C 9/20 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/854,361**                      **11.08.2010**      **US**

(71) Anmelder:

**General Electric Company, Schenectady, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**Rabiei, Shahryar, Greenville, S.C., US; Kraemer,  
Gilbert O., Greenville, S.C., US; Myers, Geoffrey  
David, Greenville, S.C., US**

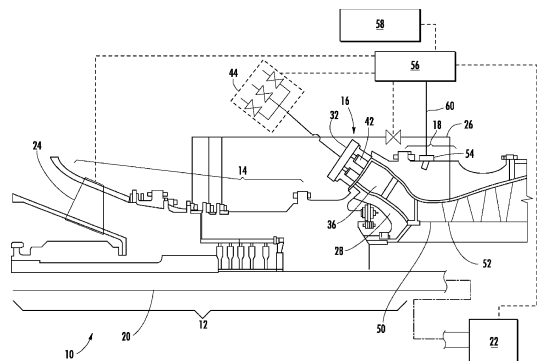
(74) Vertreter:

**Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN FÜR DEN BETRIEB EINER GASTURBINE**

(57) Zusammenfassung: Ein System zum Betrieb einer Gasturbine (12) umfasst einen Verdichter (14), eine Brennkammereinheit (16) und eine Turbine (18). Die Brennkammereinheit (16) und Turbine (18) definieren einen Heißgaspfad. Ein außerhalb des Heißgaspfads angeordneter Sensor (54) misst die inneren thermischen Emissionen aus der Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) und erzeugt ein erstes Signal (60) über die inneren thermischen Emissionen. Die inneren thermischen Emissionen sind Infrarot- oder Ultraviolett-Emissionen. Ein Steuerelement (56), angeschlossen an den Sensor (54), empfängt das erste Signal (60) und steuert den Verdichter (14), die Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) als Reaktion auf das erste Signal (60) von dem Sensor (54). Ein Verfahren für den Betrieb einer Gasturbine (12) umfasst das Messen der inneren thermischen Emissionen von innerhalb einer Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) durch einen außen am Heißgaspfad angeordneten Sensor (54). Das Verfahren umfasst ferner die Erzeugung eines ersten Signals (60) über die inneren thermischen Emissionen sowie die Steuerung des Betriebs von Verdichter (14), Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) als Reaktion auf das erste Signal (60) von dem Sensor (54).



**Beschreibung**

## BEREICH DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft generell ein System und ein Verfahren für den Betrieb einer Gasturbine. Insbesondere werden durch Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung innere und/oder äußere Wärmeemissionen der Brennkammereinheit und/oder der Turbine überwacht, um den Betrieb der Gasturbine zu regulieren.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Gasturbinen werden in der Industrie und zur Energieerzeugung verbreitet eingesetzt. Zu einer normalen Gasturbine gehören vorn ein Axialverdichter, in der Mitte eine oder mehrere Brennkammereinheiten sowie im hinteren Bereich eine Turbine. In den Verdichter tritt Umgebungsluft ein. Rotierende und stationäre Schaufeln im Verdichter übertragen zunehmend mehr kinetische Energie auf das Arbeitsmedium (Luft), um dieses in einen stark energiereichen Zustand zu bringen. Das Arbeitsmedium verlässt den Verdichter und tritt in die Brennkammern ein, wo es mit Brennstoff vermischt und gezündet wird, um Verbrennungsgase mit hoher Temperatur, Druck und Geschwindigkeit zu erzeugen. Die Verbrennungsgase fließen aus den Brennkammern entlang eines Heißgaspfads durch die Turbine. In der Turbine dehnen sich die Verbrennungsgase aus und erzeugen Arbeit. Zum Beispiel kann die Ausdehnung der Verbrennungsgase in der Turbine eine Welle antreiben, die mit einem Generator zur Stromerzeugung verbunden ist.

**[0003]** Es ist allgemein bekannt, dass die thermodynamische Effizienz einer Gasturbine mit der Betriebstemperatur, mithin der Verbrennungsgastemperatur, zunimmt. Verbrennungsgase mit höherer Temperatur enthalten mehr Energie und produzieren beim Ausdehnen in der Turbine mehr Arbeit. Dennoch können Verbrennungsgase mit höheren Temperaturen zu überhöhten Temperaturen in der Brennkammereinheit oder Turbine führen, wodurch die für die Lebensdauer verschiedener Bauteile entlang des Heißgaspfads kritische Temperatur erreicht oder überschritten wird. Zudem können Veränderungen der Betriebsbedingungen wie die Veränderung von Umgebungstemperatur, Brennstoffzusammensetzung und/oder Betriebsstufe der Gasturbine zu überhöhten Temperaturen führen und verschiedene Bauteile schädigen. Aus diesem Grund verfügen Gasturbinen in der Industrie und Energieerzeugung häufig über Kontrollsysteme, die den Betrieb der Gasturbinen überwachen und steuern. Das Kontrollsystem kann zum Beispiel verschiedene Temperaturen im Verdichter, den Brennkammern oder der Turbine überwachen und den Betrieb eines oder mehrerer Bauteile abstimmen, um eine gewünschte Betriebs-

kenngröße für die Gasturbine zu erreichen und/oder zu gewährleisten, dass keine Grenzwerte des Betriebs überschritten werden.

**[0004]** Das Kontrollsystem kann mehrere Sensoren verwenden, die an verschiedenen Stellen angebracht sind, um die verschiedenen Kenngrößen der Gasturbine vollständig zu überwachen. Beispielsweise können Kameras, Gasanalysegeräte, Thermoelemente und weitere gängige Sensoren installiert werden, um die Bedingungen in Brennkammereinheit, Turbine oder entlang des Heißgaspfads zu überwachen. Durch die hohen Temperatur- und Druckbedingungen in Brennkammern, Turbine und entlang des Heißgaspfads entsteht jedoch ein aggressives Umfeld für Sensoren, das deren Empfindlichkeit, Genauigkeit, Lebensdauer und die allgemeine Funktion beeinträchtigt. Daher wäre ein Kontrollsystem zur Überwachung der Kenngrößen innerhalb von Brennkammereinheit, Turbine und/oder Heißgaspfad wünschenswert, wofür kein Sensor innerhalb dieser Bauteile oder Stellen installiert werden muss.

## KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden in der nachstehenden Beschreibung erläutert. Auch können sie sich aus dieser Beschreibung beziehungsweise während des Einsatzes der Erfindung ergeben.

**[0006]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein System für den Betrieb einer Gasturbine. Zu dem System gehören ein Verdichter, nachgeschaltet eine Brennkammereinheit und dieser wiederum nachgeschaltet eine Turbine. Brennkammereinheit und Turbine definieren einen Heißgaspfad. Ein Sensor außerhalb des Heißgaspfads misst die inneren thermischen Emissionen von außen an der Brennkammereinheit und/oder der Turbine und erzeugt ein erstes Signal, das die inneren thermischen Emissionen wiedergibt. Die inneren thermischen Emissionen bestehen aus einer Infrarot- oder Ultraviolett-Emission. Ein an den Sensor angeschlossenes Steuerelement empfängt das Signal und steuert mindestens den Verdichter, die Brennkammereinheit oder Turbine in Reaktion auf das erste Signal von dem Sensor.

**[0007]** In einer weiteren Ausführungsform gehören zu einem System für den Betrieb einer Gasturbine ein Verdichter, eine nachgeschaltete Brennkammereinheit und eine wiederum nachgeschaltete Turbine. Die Brennkammereinheit und die Turbine definieren einen Heißgaspfad. Ein Sensor außerhalb des Heißgaspfads misst die inneren thermischen Emissionen von außen mindestens an einer der Brennkammereinheit oder an der Turbine und erzeugt ein erstes Signal, das die inneren thermischen Emissionen wiedergibt. Der Sensor misst auch von außen die äu-

ßeren thermischen Emissionen mindestens an einer der Brennkammereinheit oder an der Turbine und erzeugt ein zweites Signal, das die äußeren thermischen Emissionen wiedergibt. Die inneren und äußeren thermischen Emissionen bestehen aus mindestens einer Infrarot- oder einer Ultraviolett-Emission. Ein an den Sensor angeschlossenes Steuerelement empfängt das erste und das zweite Signal und steuert mindestens den Verdichter, die Brennkammereinheit oder Turbine in Reaktion auf das erste und/oder das zweite Signal von dem Sensor.

**[0008]** Als eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung fungiert ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine mit einem Verdichter, einer Brennkammereinheit und einer Turbine, wobei Brennkammereinheit und Turbine einen Heißgaspfad definieren. Das Verfahren umfasst die Messung der inneren thermischen Emissionen aus einer der Brennkammereinheit und/oder der Turbine durch einen außerhalb des Heißgaspfads angebrachten Sensor. Dabei bestehen die inneren thermischen Emissionen aus einer Infrarot- und/oder einer Ultraviolett-Emission. Zu diesem Verfahren gehören ferner die Generierung eines ersten Signals zur Wiedergabe der inneren thermischen Emissionen sowie die Regelung von mindestens dem Verdichter, der Brennkammereinheit oder der Turbine als Reaktion auf das erste Signal von dem Sensor.

**[0009]** Die Beschäftigten mit entsprechender Ausbildung werden die Leistungsmerkmale und Aspekte solcher Ausführungsformen mit normaler Funktionsweise ausgestatteten Geräte besser schätzen. Andere Personen können sich die Kenntnis durch Prüfung der Spezifikation aneignen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0010]** Eine vollständige und grundlegende Offenlegung der vorliegenden Erfindung einschließlich deren bester Ausführungsform für das entsprechend ausgebildete Personal wird eingehender im restlichen Teil der Spezifikation erläutert. Dort wird sich auch auf die zugehörigen Figuren wie folgt bezogen:

**[0011]** [Fig. 1](#) ist ein vereinfachter Querschnitt eines Systems anhand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0012]** [Fig. 2](#) ist ein vereinfachter Querschnitt einer Brennkammereinheit anhand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0013]** [Fig. 3](#) ist ein vereinfachter Querschnitt einer Brennkammereinheit anhand einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0014]** [Fig. 4](#) ist ein vereinfachter Querschnitt einer Brennkammereinheit anhand einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

**[0015]** [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm eines Algorithmus' für die mit der Regelung beauftragte Person anhand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** An dieser Stelle wird detailliert auf die aktuellen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingegangen. Ein oder mehrere Beispiele dazu sind in den dazugehörigen Zeichnungen dargestellt. In der detaillierten Beschreibung werden Leistungsmerkmale in den Zeichnungen durch Zahlen und Buchstaben bezeichnet. Ähnliche oder gleiche Bezeichnungen in den Zeichnungen werden zur Beschreibung von ähnlichen oder gleichen Teilen der Erfindung verwendet.

**[0017]** Jedes Beispiel erfolgt anhand der Erläuterung der Erfindung nicht durch Beschränkung der Erfindung. Geschultes Personal wird schnell feststellen, dass an der vorliegenden Erfindung Modifikationen und Variationen vorgenommen werden können, ohne von ihrer eigentlichen Ausrichtung abzuweichen. Beispielsweise können als Teil einer Ausführungsform dargestellte oder beschriebene Leistungsmerkmale auch auf eine andere Ausführungsform anwendbar sein und sich sogar noch für eine weitere Ausführungsform eignen. Daher soll die vorliegende Erfindung auch solche Modifikationen und Variationen behandeln, die zum Anwendungsbereich der beigefügten Ansprüche und deren Äquivalente gehören.

**[0018]** [Fig. 1](#) zeigt einen vereinfachten Querschnitt eines Systems **10** anhand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie gezeigt wird, umfasst das System **10** generell eine Gasturbine **12** mit einem Verdichter **14** vorn, einer oder mehreren Brennkammern **16** rings um die Mitte und mit der Turbine **18** im hinteren Bereich. Normalerweise teilen sich Verdichter **14** und Turbine **18** einen gemeinsamen Rotor **20**, der an einen Generator **22** zur Stromerzeugung angeschlossen ist.

**[0019]** Der Verdichter **14** kann aus einem Axialverdichter bestehen, in dem ein Arbeitsmedium wie Umgebungsluft durch eine Einlass-Leitschaufel **24** eintritt und mehrere Stufen von Schaufeln (nicht dargestellt) durchläuft. Die Einlass-Leitschaufel **24** kann verstellbar sein, um die Menge des in den Verdichter **14** einzulassenden Arbeitsmediums je nach der Betriebsstufe der Gasturbine **12** zu regeln. Die mehrfachen Schaufelstufen beschleunigen und leiten das Arbeitsmedium, um einen kontinuierlichen Fluss des komprimierten Arbeitsmediums zu erzeugen. Ein Teil

des komprimierten Arbeitsmediums kann durch eine Nebenleitung **26** an den Brennkammern **16** vorbeigeleitet werden, um die Turbine **18** zu kühlen. Das übrige komprimierte Arbeitsmedium verlässt den Verdichter **14** und fließt durch einen Zwischenraum **28** am Verdichterausgang in die Brennkammereinheit **16**.

**[0020]** Die Brennkammereinheit **16** kann eine gängige Art von Brennkammereinheit sein. Wie zum Beispiel in den **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt, kann ein Gehäuse **30** die Brennkammereinheit **16** umgeben, um das aus dem Verdichter **14** austretende Arbeitsmedium zu umfassen. Eine Abschlusskappe **32** und ein Mantel **34** können eine Brennkammer **36** definieren, eine Strömungshülse **38** kann den Mantel **34** umgeben, um einen ringförmigen Durchlass **40** zwischen der Strömungshülse **38** und dem Mantel **34** zu definieren. Das komprimierte Arbeitsmedium kann aus dem Zwischenraum **28** am Verdichterausgang durch den ringförmigen Durchlass **40** zur Abschlusskappe **32** fließen, wo es nach einer Richtungskehr durch die Düsen **42** in die Brennkammer **36** fließt. Eine variable Brennstoffzufuhr **44** kann ein Brennstoffgemisch zu den Düsen **42** führen, sodass die Düsen **42** das Brennstoffgemisch mit dem komprimierten Arbeitsmedium vor der Verbrennung mischen können. Zu den möglichen Brennstoffen gehören eines oder mehrere von folgendem: Hochofengase, Kokereigas, Erdgas, verdampftes Flüssig-Erdgas (LNG), Wasserstoff und Propan. Das Gemisch aus Brennstoff und Arbeitsmedium fließt in die Brennkammer **36**, wo es zündet, um Verbrennungsgase mit hoher Temperatur und hohem Druck zu erzeugen. Die Verbrennungsgase fließen durch einen Übergang **46** in die Turbine **18**, wo die sich ausdehnen und Arbeit erzeugen.

**[0021]** Mit Bezug auf **Fig. 1** kann die Turbine **18** wechselnde Reihen von Statorn **50** und rotierende Turbinenschaufeln **52** enthalten. Der Stator **50** der ersten Stufe lenkt die Verbrennungsgase um und leitet sie auf die erste Turbinenschaufel **52**. Während die Verbrennungsgase über die erste Turbinenschaufel **52** fließen, dehnen sich die Verbrennungsgase aus, wodurch sich die Turbinenschaufel **52** und der Rotor **20** zu drehen beginnen. Danach fließen die Verbrennungsgase zum nächsten Stator **50**, der die Verbrennungsgase zur nächsten Reihe von rotierenden Turbinenschaufeln **52** umleitet und der Vorgang wiederholt sich auf den nachfolgenden Stufen.

**[0022]** Deshalb definieren die Brennkammern **16** und die Turbine **18** gemeinsam einen Heißgaspfad für den Fluss der Verbrennungsgase aus den Brennkammern durch die Turbine **18**. Wie in dieser Beschreibung zugrundegelegt, ist der Heißgaspfad der Weg, den die Verbrennungsgase nehmen, während sie aus der Brennkammer **36** durch die Turbine **18** fließen. Während die Verbrennungsgase durch den

Heißgaspfad fließen, erhitzen die Verbrennungsgase verschiedene Bauteile durch Wärmeausbreitung und Wärmeleitung. In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie Umgebungstemperaturen, Betriebsstufe der Gasturbine **12**, verwendetem Brennstoff und so weiter erzeugen die Bauteile innerhalb und außerhalb des Heißgaspfads thermische Emissionen im Infrarot- und/oder Ultraviolett-Spektrum.

**[0023]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann das System **10** ferner einen Sensor **54**, ein Steuerelement **56** und ein Kommunikationsgerät **58** umfassen. Der Sensor **54** kann einen außerhalb des Heißgaspfads angebrachten Infrarot- und/oder Ultraviolett-Detektor umfassen. Auf diese Art erzeugt der Sensor **54** ein oder mehrere Signale **60** über thermische Emissionen von innerhalb und/oder außerhalb des Heißgaspfads, ohne dass dabei in den Heißgaspfad eingedrungen werden muss. Zum Beispiel kann der Sensor **54** ein erstes Signal über die thermischen Emissionen von innerhalb des Heißgaspfads und ein zweites Signal über die thermischen Emissionen von außerhalb des Heißgaspfads erzeugen.

**[0024]** Das Steuerelement **54** kann aus verschiedenen Bauteilen bestehen wie Mikroprozessoren, Coprozessoren und/oder Speicher-/Medienelementen zur Speicherung von Daten, Softwarebefehlen und/oder zur Ausführung von Softwarebefehlen. Die verschiedenen Speicher-/Medienelemente können eine oder mehrere Varianten von computertauglichen Medien wie insbesondere jegliche Kombination von flüchtigem Speicher (z. B. RAM, DRAM, SRAM usw.), nicht-flüchtigem Speicher (z. B. USB-Sticks, Festplatten, Magnetbänder, CD-ROM, DVD-ROM usw.) und/oder andere Speichermedien (z. B. Disketten, Speichermedien auf Magnetbasis, optische Speichermedien usw.) sein. Mit der Materie vertraute Personen werden die Vielfältigkeit des Steuerelements **54** in Bezug auf mögliche Datenspeicherungen und Prozessorkonfigurationen schätzen.

**[0025]** Das Steuerelement **56** ist an den Sensor **54** angeschlossen, um ein oder mehrere Signale **60** von dem Sensor **54** über thermische Emissionen von innerhalb und/oder außerhalb des Heißgaspfads zu empfangen. Danach kann das Steuerelement **56** eines oder mehrere Bauteile im Verdichter **14**, der Brennkammereinheit **16** und/oder der Turbine **18** als Reaktion auf das Signal **60** von dem Sensor **54** regeln, um in der Gasturbine **12** eine gewünschte Temperatur oder ein gewünschtes Temperaturprofil zu erzielen. Wie zum Beispiel durch die gestrichelten Linien in **Fig. 1** angezeigt, kann das Steuerelement die Position der Einlass-Leitschaufel **24** oder der variablen Brennstoffzufuhr **44** regeln, um das Brennstoff-Luft-Verhältnis und damit die Zusammensetzung der Verbrennungsgase zu verändern. Ähnlich kann das Steuerelement **56** die Menge des komprimierten Arbeitsmediums regeln, die durch die Nebenleitung **26**

fließt, um die Kühlung der Turbine **18** zu regeln, oder das Steuerelement **56** kann die Belastung des Generators **22** als Reaktion auf das Signal **60** von dem Sensor **54** regeln.

**[0026]** Zudem oder alternativ kann das Steuerelement **56** das Kommunikationsgerät **58** als Reaktion auf das Signal **60** von dem Sensor **54** ansteuern. Das Kommunikationsgerät **58** kann ein jegliches gängiges Gerät zur Aufzeichnung und/oder Übermittlung von Informationen sein. Zum Kommunikationsgerät **58** können zum Beispiel eine Alarmschaltung, ein Drucker, ein Aufzeichnungssystem oder eine Meldevorrichtung gehören. Die Bediener können je nach durch den Sensor **54** ermitteltem Umstand auf das Kommunikationsgerät **58** reagieren. Zum Beispiel können die Bediener die Gasturbine **12** auf manuellen Betrieb umstellen, um einen Alarmzustand zu mildern, der durch das Steuerelement **56** nicht angemessen geregelt werden kann. Als weiteres Beispiel können die Bediener als Reaktion auf Informationen aus dem Kommunikationsgerät **58** vorbeugende oder korrektive Wartungspläne ändern.

**[0027]** **Fig. 2** zeigt eine mögliche Installation des Sensors **54** anhand einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie dargestellt, kann der Sensor **54** im Gehäuse **30** installiert und in die allgemeine Richtung der Brennkammer **36** gerichtet sein. Sofern der Mantel **34** und die Strömungshülse **38** generell transparent für infrarote und ultraviolette Emissionen sind, kann der Sensor **54** daher thermische Emissionen von innerhalb und außerhalb des Heißgaspfads erkennen und messen. Zum Beispiel kann der Sensor **54** die Temperatur der Verbrennungsgase und/oder der Innenfläche des Mantels **34** innerhalb des Heißgaspfads messen. Dadurch kann das System **10** die allgemeine Intaktheit der Brennkammereinheit **16** überwachen und frühzeitig eine beschädigte Wärmeisolierung am Mantel **34** oder ein falsches Luft-Brennstoffgemisch in den Düsen **42** melden, was sonst zu Hitzestreifen oder Ablagerungen von geschmolzenem Metall im Mantel **34** führen kann. Außerdem oder alternativ kann der Sensor **54** die Temperatur des komprimierten Arbeitsmediums erkennen und messen, das durch den ringförmigen Durchlass **40** und/oder die Außenfläche der Strömungshülse **38** außerhalb des Heißgaspfads fließt. Das Steuerelement **60** kann dann die Position der Einlass-Leitschaufel **24** oder der variablen Brennstoffzufuhr **44** als Reaktion auf das Signal **60** von dem Sensor **54** regeln, um eine gewünschte Austrittstemperatur aus der Brennkammereinheit, Manteltemperatur usw. zu erreichen. Außerdem oder alternativ kann das Steuerelement **56** das Kommunikationsgerät **58** ansteuern, um die Bediener vor einer überhöhten Temperatur oder einer ungewöhnlichen Temperaturentwicklung zu warnen, was durch Sensor **54** erkannt wurde.

**[0028]** **Fig. 3** stellt eine weitere Installationsmöglichkeit des Sensors **54** anhand einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. In dieser Ausführungsform kann der Sensor **54** im Zwischenraum **28** am Verdichterausgang installiert und in die allgemeine Richtung der Abschlusskappe **32** und der Düsen **42** gerichtet werden. Auf diese Art kann der Sensor **54** die Temperatur der Abschlusskappe **32** sowie jeder Düse **42** und/oder der Innenfläche des Mantels innerhalb des Heißgaspfads erkennen und messen, um wie vorstehend beschrieben zum Beispiel ein Flammenhaltungsereignis oder ein falsches Brennstoff-Luft-Gemisch in den Düsen **42** festzustellen. Wie zuvor kann das Steuerelement **56** anschließend die Position der Einlass-Leitschaufel **24** und/oder die variable Brennstoffzufuhr **44** regeln, um das Brennstoff-Luft-Gemisch in Düse **42** zu regeln und das für die Betriebsstufe gewünschte Temperaturprofil in den Düsen **42** zu erzielen.

**[0029]** **Fig. 4** beschreibt eine weitere mögliche Installation des Sensors **54** anhand einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie dargestellt, kann Sensor **54** in einer Stützvorrichtung **62** für die Brennkammereinheit **16** installiert und in die allgemeine Richtung des Übergangsteils **46** sowie des ersten Stators **50** in der Turbine **18** gerichtet werden. Wie in **Fig. 4** dargestellt, kann ein Sichtfenster **64** zwischen dem Sensor **54** und dem Heißgaspfad installiert werden, um die Empfindlichkeit und/oder Genauigkeit des Sensors **54** zu erhöhen. Das Sichtfenster kann aus geeigneten Materialien konstruiert sein, um Temperatur und Druck des Verdichters standzuhalten und dennoch mehr Infrarot- und Ultraviolett-Emissionen zum Sensor **54** gelangen zu lassen. Zum Beispiel kann das Sichtfenster aus Glas, Fiberglas oder ähnlichen temperaturbeständigen Stoffen bestehen. Auf diese Art kann der Sensor **54** die Temperatur der Innenfläche des Übergangsteils **46** und oder des ersten Stators **50** innerhalb des Heißgaspfads erkennen und messen. Dadurch kann das Steuerelement anhand der Temperatur des ersten Stators **50** anstatt oder zuzüglich der Abgastemperatur verschiedene Betriebskenngrößen der Gasturbine **12** regeln. Dann kann das Steuerelement **56** die Kühlung für den Stator **50** durch die Nebenleitung **26** vom Verdichter **14** auf ein gewünschtes Temperaturprofil regeln.

**[0030]** Die zuvor mit Bezug auf die **Fig. 1–Fig. 4** erläuterten Ausführungsformen können für ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine verwendet werden. Dieses Verfahren umfasst zum Beispiel Erkennen, Messen und/oder Überwachen von thermischen Emissionen von innerhalb und/oder außerhalb des Heißgaspfads, was durch den Kasten **70** in **Fig. 5** dargestellt wird. Der Sensor **54**, der die thermischen Emissionen erkennt, misst und/oder überwacht, kann eines oder mehrere Signale **60** erzeugen, um die thermischen Emissionen wiederzugeben. Durch das Verfahren können dann die Daten über die thermi-

schen Emissionen dargestellt werden, die durch den Kasten 72 in Fig. 5 dargestellt sind. Zum Beispiel kann eine unter dem Handelsnamen LabVIEW von National Instruments verkaufte handelsübliche Software verwendet werden, um die gesammelten Daten zu integrieren und Echtzeitbilder über Ort und Stärke von thermischen Emissionen innerhalb und/oder außerhalb des Heißgaspfads zu generieren. In Kasten 74 in Fig. 5 kann das Verfahren die gemessenen thermischen Emissionen mit den prognostizierten thermischen Emissionen für das Bauteil zu einem bestimmten Zeitpunkt im Bestehens- und Betriebsverlauf vergleichen. Anhand dieses Vergleichs kann das Steuerelement 56 den Betrieb von Verdichter 14, Brennkammereinheit 16 und/oder Turbine 18 regeln, um, wie vorstehend erläutert, eine gewünschte thermische Emission oder Temperaturprofil zu erzielen. Außerdem oder alternativ kann das Steuerelement 56 das Intervall zwischen der geplanten korrektiven und/oder vorbeugenden Maßnahme regeln. Wie in Kasten 78 in Fig. 5 dargestellt, kann das Steuerelement 56 auch das Kommunikationsgerät 58 ansteuern, das dem Bediener die gemessenen thermischen Emissionen meldet.

**[0031]** Das System 10 und die Verfahren zum Betrieb der Gasturbine 12 anhand vorstehender Beschreibung sollen gegenüber herkömmlicher Technik mehrere technische und wirtschaftliche Vorteile bringen. Sie machen das Eindringen in die Brennkammereinheit 16, die Turbine und/oder den Heißgaspfad überflüssig. Zum Beispiel soll die Früherkennung einer Störung und/oder das verbesserte Überwachen, Verfolgen und Darstellen von thermischen Emissionen innerhalb und außerhalb des Heißgaspfads die Zuverlässigkeit und Effizienz der Gasturbine 12 steigern, die Lebensdauer von bisherigen Verschleißteilen verlängern und unerwünschte Emissionen im Zusammenhang mit höheren Verbrennungstemperaturen reduzieren. Außerdem können die Temperaturprofile der Düsen 42 und der Brennkammern 16 während der Betriebsabläufe wie Inbetriebnahmen genauer überwacht werden, wodurch sich auch Zuverlässigkeit und Leistung der Gasturbine 12 weiter verbessern.

**[0032]** Zudem lassen sich diese Verbesserungen mit Hilfe von relativ preiswerten Infrarot- und Ultraviolett-Sensoren erreichen, die nicht den widrigen Bedingungen innerhalb von Brennkammern, Turbine und Heißgaspfad ausgesetzt zu werden brauchen.

**[0033]** Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zur Erläuterung der Erfindung einschließlich der besten Betriebsart. Zudem soll jedweder Fachmann in die Lage versetzt werden, die Erfindung anzuwenden. Dazu gehören die Herstellung und Nutzung jeglicher Geräte oder Systeme sowie die Anwendung aller möglichen dazugehörigen Verfahren. Der patentfähige Umfang der Erfindung wird

durch die Patentansprüche definiert und kann weitere Beispiele, die bei den Fachleuten vorkommen, beinhalten. Solche anderen Beispiele liegen im Rahmen der Patentansprüche, wenn sie strukturelle Elemente enthalten, die sich nicht von der wortgetreuen Sprache der Ansprüche unterscheiden oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden hinsichtlich der wortgetreuen Sprache der Ansprüche enthalten.

**[0034]** Ein System zum Betrieb einer Gasturbine 12 umfasst einen Verdichter 14, eine Brennkammereinheit 16 und eine Turbine 18. Die Brennkammereinheit 16 und Turbine 18 definieren einen Heißgaspfad. Ein außerhalb des Heißgaspfads angeordneter Sensor 54 misst die inneren thermischen Emissionen aus der Brennkammereinheit 16 oder Turbine 18 und erzeugt ein erstes Signal 60 über die inneren thermischen Emissionen. Die inneren thermischen Emissionen sind Infrarot- oder Ultraviolett-Emissionen. Ein Steuerelement 56, angeschlossen an den Sensor 54, empfängt das erste Signal 60 und steuert den Verdichter 14, die Brennkammereinheit 16 oder Turbine 18 als Reaktion auf das erste Signal 60 von dem Sensor 54. Ein Verfahren für den Betrieb einer Gasturbine 12 umfasst das Messen der inneren thermischen Emissionen von innerhalb einer Brennkammereinheit 16 oder Turbine 18 durch einen außen am Heißgaspfad angeordneten Sensor 54. Das Verfahren umfasst ferner die Erzeugung eines ersten Signals 60 über die inneren thermischen Emissionen sowie die Steuerung des Betriebs von Verdichter 14, Brennkammereinheit 16 oder Turbine 18 als Reaktion auf das erste Signal 60 von dem Sensor 54.

#### Bezugszeichenliste

10	System
12	Gasturbine
14	Verdichter
16	Brennkammereinheiten
18	Turbine
20	Rotor
22	Generator
24	Einlass-Leitschaufel
26	Nebenleitung
28	Zwischenraum am Verdichterausgang
30	Gehäuse
32	Endabdeckung
34	Mantel
36	Brennkammer
38	Strömungshülse
40	ringförmiger Durchlass
42	Düsen
44	variable Brennstoffzufuhr
46	Übergangsteil
48	Heißgaspfad
50	Stator
52	Schaufel
54	Sensor

<b>56</b>	Steuerelement
<b>58</b>	Kommunikationsgerät
<b>60</b>	Signale
<b>62</b>	Stützvorrichtung
<b>64</b>	Sichtfenster
<b>70</b>	erkennen, messen, überwachen
<b>72</b>	abbilden
<b>74</b>	vergleichen
<b>76</b>	regeln
<b>78</b>	benachrichtigen

### Patentansprüche

1. System zum Betrieb einer Gasturbine (12), bestehend aus:

- a) einem Verdichter (14);
- b) einer dem Verdichter (14) nachgeschalteten Brennkammereinheit (16);
- c) einer der Brennkammereinheit (16) nachgeschalteten Turbine (18), wobei die Brennkammereinheit (16) und die Turbine (18) einen Heißgaspfad definieren;
- d) einem Sensor (54), der außerhalb des Heißgaspfads installiert ist, wobei der Sensor (54) die inneren thermischen Emissionen aus der Brennkammereinheit (16) und/oder der Turbine (18) misst und ein erstes Signal (60) über die inneren thermischen Emissionen erzeugt, wobei die inneren thermischen Emissionen eine Infrarot- und/oder eine Ultraviolett-Emission umfasst; und
- e) einem Steuerelement (56), das an den Sensor (54) zum Empfang des ersten Signals (60) angeschlossen ist, wobei das Steuerelement (56) mindestens den Verdichter (14), die Brennkammereinheit (16) oder die Turbine (18) in Reaktion auf das erste Signal von dem Sensor (54) regelt.

2. System nach Anspruch 1, wobei der Verdichter (14) eine Einlass-Leitschaufel (24) mit einstellbarer Position umfasst, und das Steuerelement (56) die einstellbare Position der Einlass-Leitschaufel (24) in Reaktion auf das erste Signal (60) des Sensors (54) regelt.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Brennkammereinheit (16) eine variable Brennstoffzufuhr (44) umfasst und das Steuerelement (56) die variable Brennstoffzufuhr (44) in Reaktion auf das erste Signal (60) von dem Sensor (54) regelt.

4. System nach einem der Ansprüche 1–3, ferner umfassend ein Sichtfenster (64) zwischen dem Sensor (54) und den inneren thermischen Emissionen.

5. System nach einem der Ansprüche 1–4, wobei der Sensor (54) von außen die äußeren thermischen Emissionen von der Brennkammereinheit (16) und/oder der Turbine (18) misst und ein zweites Signal über die äußeren thermischen Emissionen erzeugt, wobei die äußeren thermischen Emissionen mindes-

tens eine Infrarot- und/oder eine Ultraviolett-Emissionen umfasst.

6. System nach einem der Ansprüche 1–5, wobei das Steuerelement (56) angeschlossen ist, um das zweite Signal zu empfangen und mindestens den Verdichter (14), die Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) in Reaktion auf das zweite Signal von dem Sensor (54) zu steuern.

7. System nach einem der Ansprüche 1–6, ferner umfassend ein Kommunikationsgerät (58), angeschlossen an das Steuerelement (56), wobei das Steuerelement (56) das Kommunikationsgerät (58) in Reaktion auf das erste Signal (60) von dem Sensor (54) ansteuert.

8. Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine (12) mit einem Verdichter (14), einer Brennkammereinheit (16) und einer Turbine (18), wobei die Brennkammereinheit (16) und die Turbine (18) einen Heißgaspfad definieren, umfassend:

- a) das Messen der inneren thermischen Emissionen von innerhalb der Brennkammereinheit (16) und/oder der Turbine (18) mit einem außerhalb des Heißgaspfads angeordneten Sensor (54), wobei die inneren thermischen Emissionen die Infrarot- und/oder die Ultraviolett-Emissionen umfasst;
- b) das Erzeugen eines ersten Signals (60) über die inneren thermischen Emissionen;
- c) das Steuern des Betriebs mindestens des Verdichters (14), der Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) in Reaktion auf das erste Signal (60) von dem Sensor (54).

9. Verfahren nach Anspruch 8, ferner umfassend die Messung der äußeren thermischen Emissionen von außerhalb der Brennkammereinheit (16) und/oder der Turbine (18) mit dem außerhalb des Heißgaspfads angeordneten Sensor (54), wobei die äußeren thermischen Emissionen die Infrarot- und/oder die Ultraviolett-Emission umfasst.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, ferner umfassend die Erzeugung eines zweiten Signals über die äußeren thermischen Emissionen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8–10, ferner umfassend die Steuerung des Betriebs mindestens des Verdichters (14), der Brennkammereinheit (16) oder Turbine (18) in Reaktion auf das zweite Signal von dem Sensor (54).

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8–11, ferner umfassend die Steuerung einer Einlass-Leitschaufel im Verdichter in Reaktion auf das erste Signal von Sensor (54).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8–12, ferner umfassend die Steuerung einer variablen Brenn-

stoffzufuhr (**44**) zur Brennkammer in Reaktion auf das erste Signal (**60**) von dem Sensor (**54**).

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8–13, ferner umfassend die Messung der inneren thermischen Emissionen durch ein Sichtfenster (**64**) zwischen dem Sensor (**54**) und den inneren Emissionen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8–14, ferner umfassend die Ansteuerung eines Kommunikationsgeräts (**58**) in Reaktion auf das erste Signal (**60**) von dem Sensor (**54**).

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

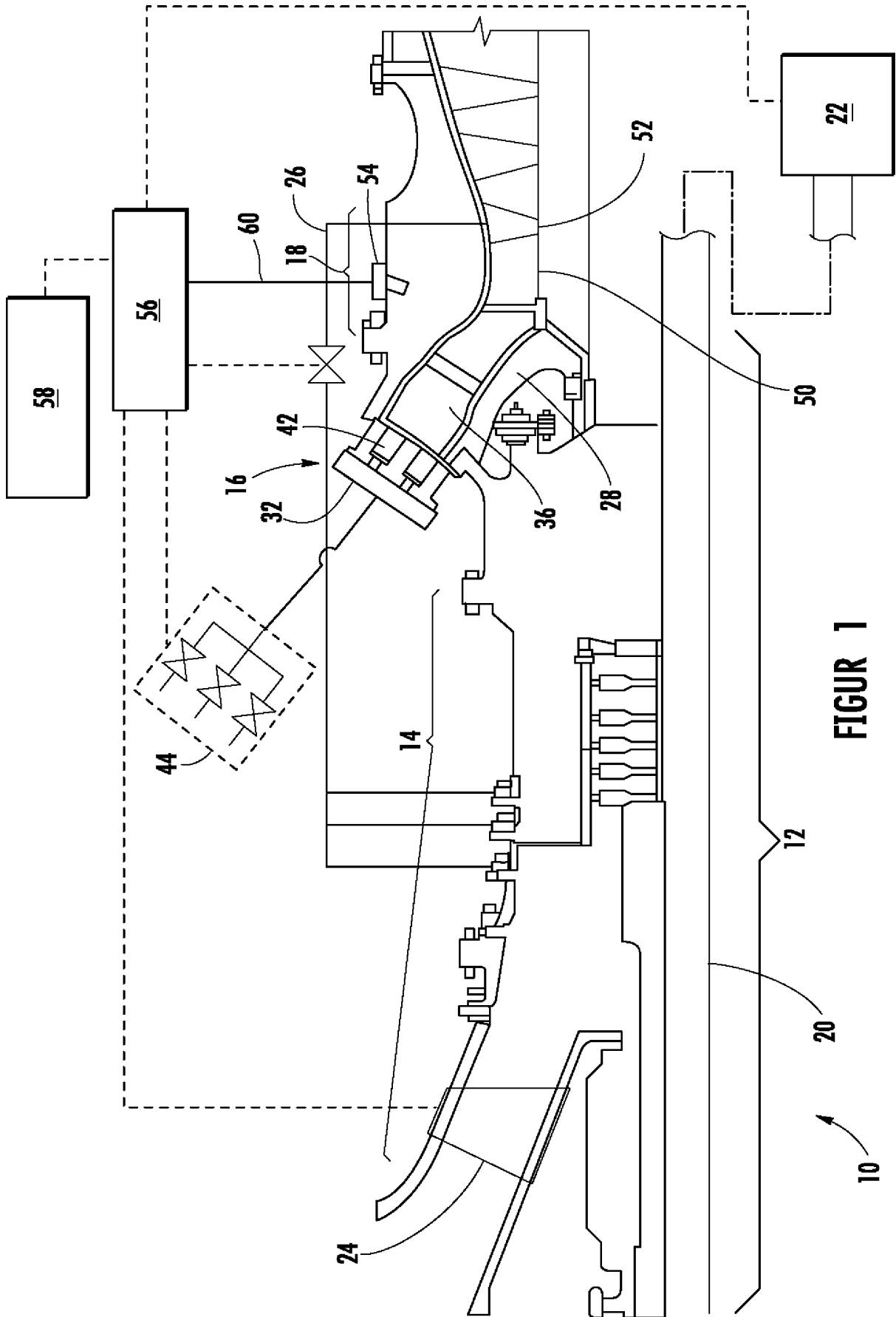
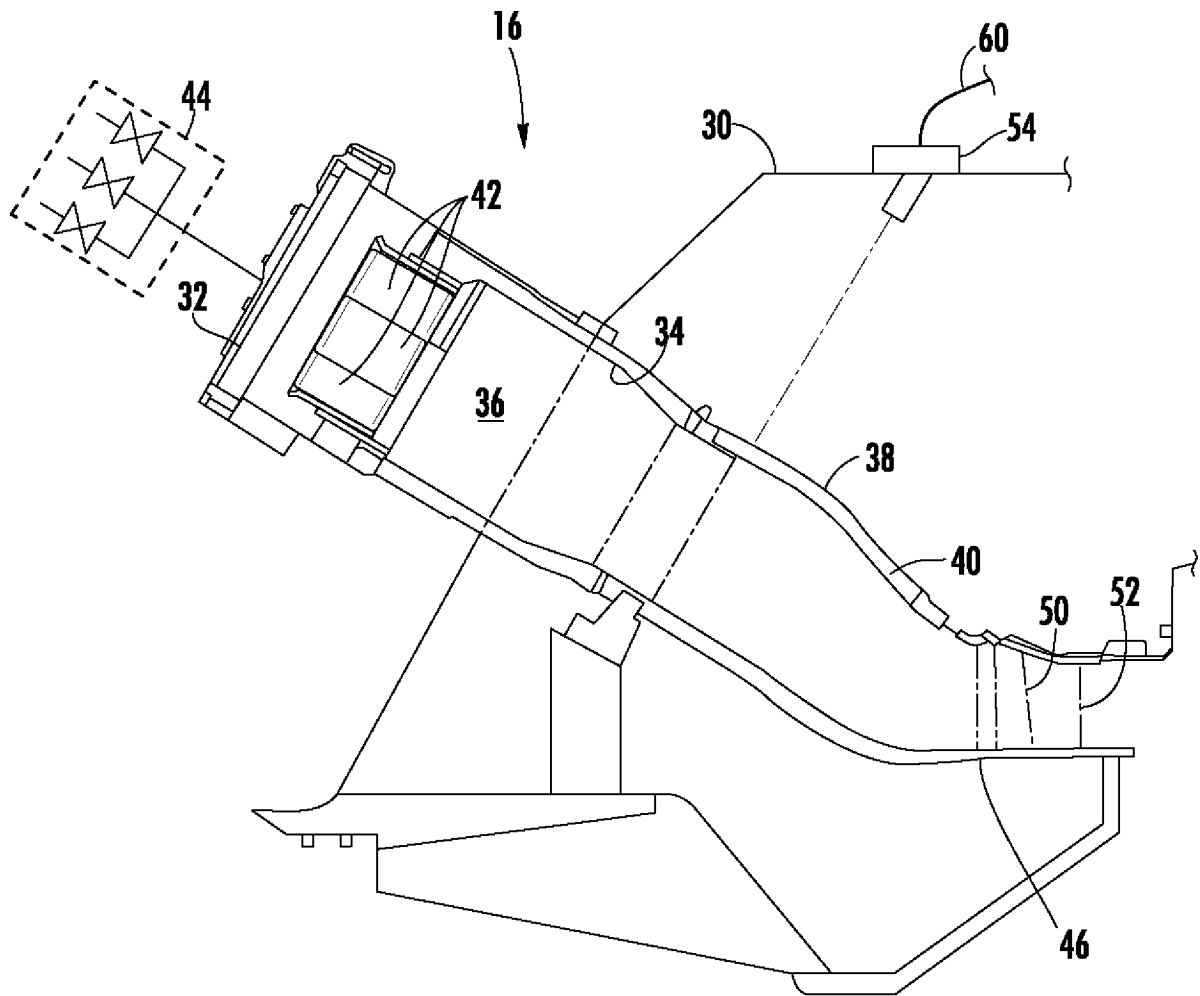
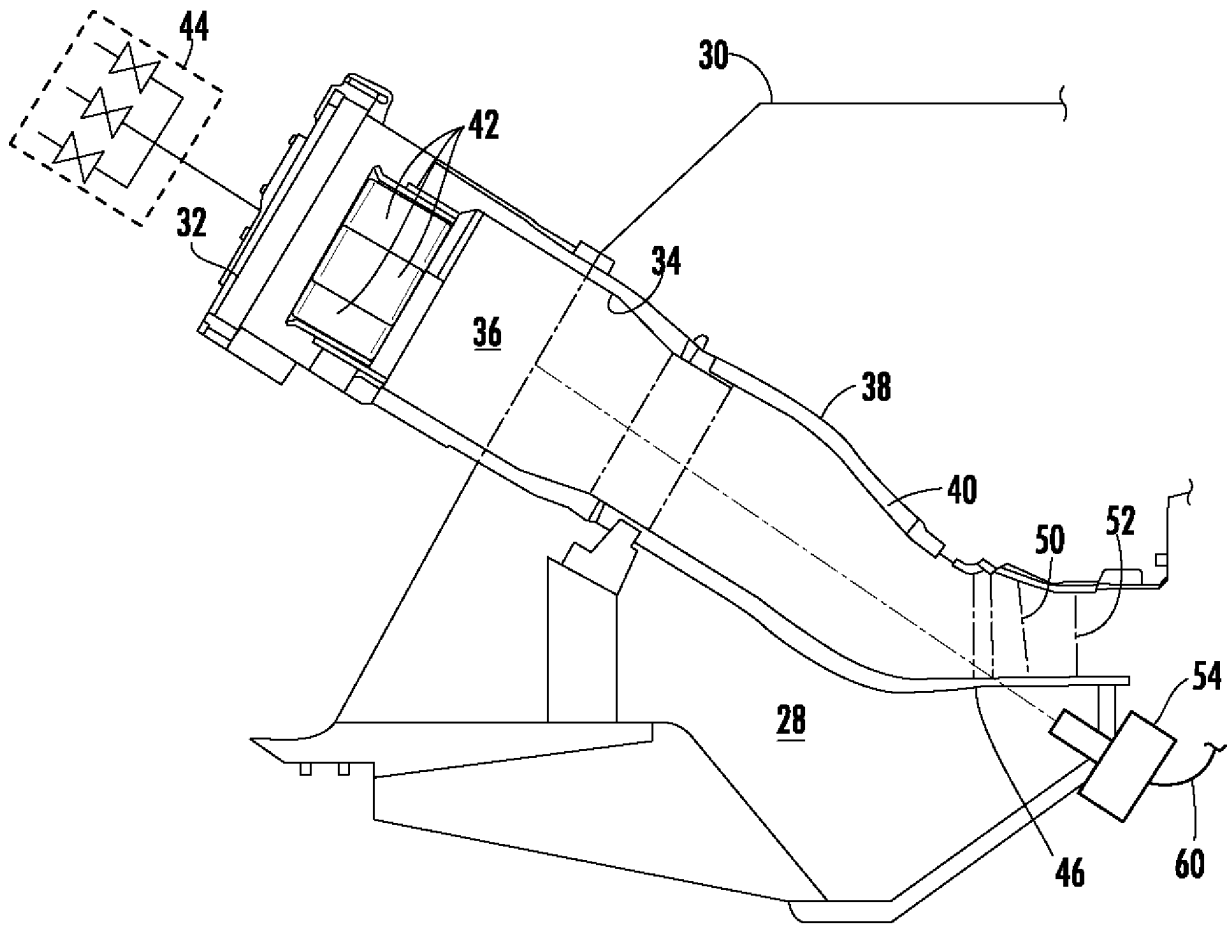


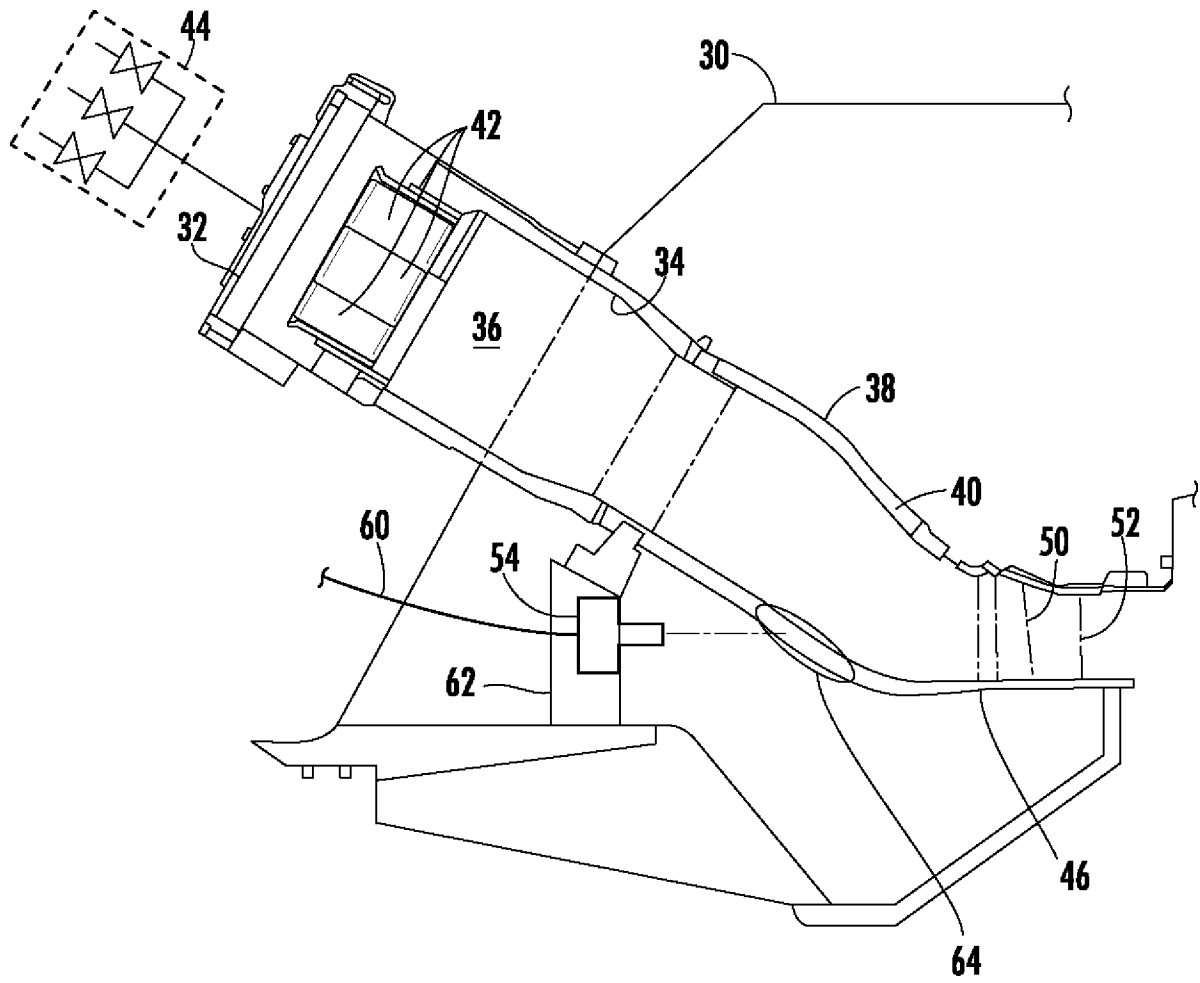
FIGURE 1



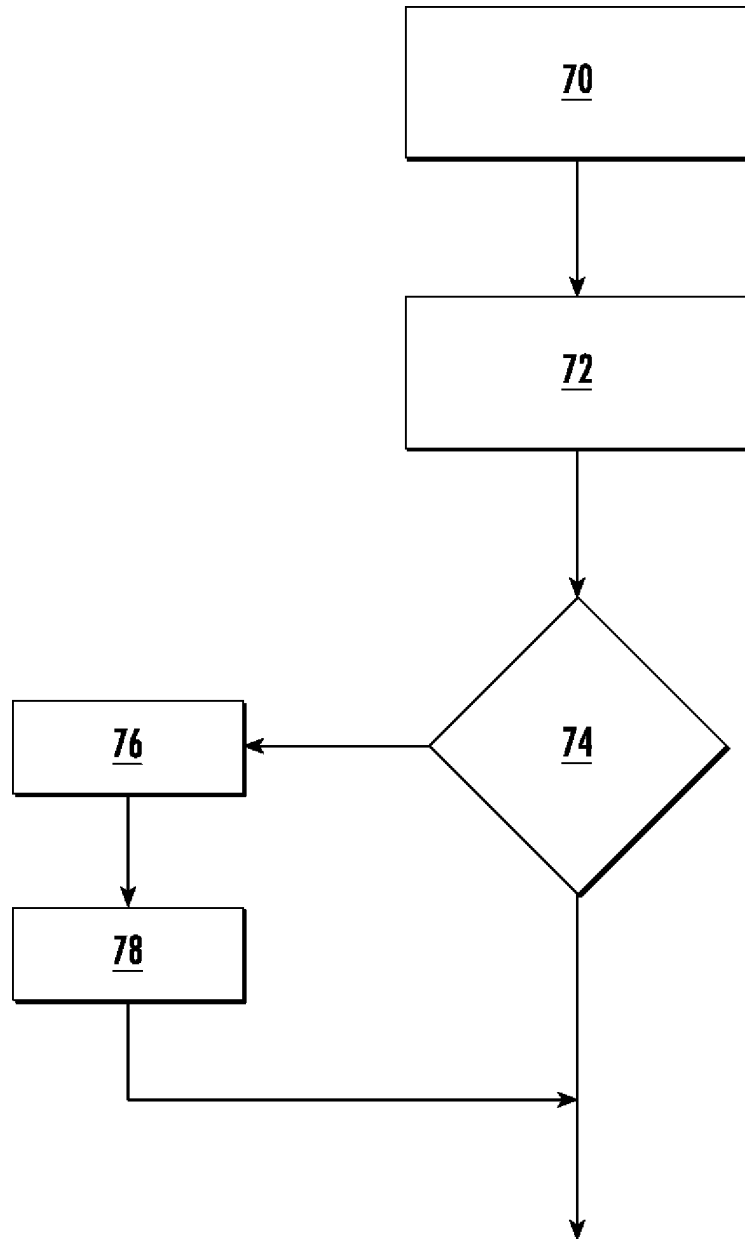
**FIGUR 2**



**FIGURE 3**



**FIGUR 4**



**FIGUR 5**