

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 912 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/14 (2006.01)  
F02C 7/18 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01467/08

(22) Anmeldedatum: 15.09.2008

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2009

(30) Priorität: 18.09.2007 US 11/856,945

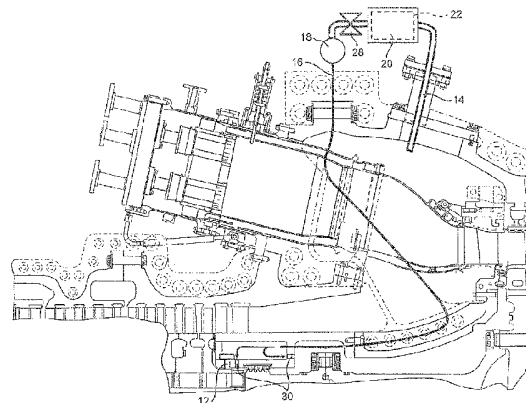
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:  
Biao Fang, Clifton Park, New York 12065 (US)  
Christopher Edward Wolfe,  
Niskayuna, New York 12309 (US)  
Omprakash Samudrala, Niskayuna, New York 12309 (US)  
Matthew Scott Kight,  
Greenville, South Carolina 29615 (US)  
Jeffrey John Butkiewicz,  
Greenville, South Carolina 29607 (US)  
Tara McGovern, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

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

(54) Kühlkreis zur Verbesserung des Turbinenleistungsvermögens.

(57) In einer Gasturbine mit einem Kompressorladelagehäuse zweigt ein Kühlkreis Kompressorladeluft zu einem Hochdruckdichtungs- (HPP-)Kreis ab. Der Kühlkreis schliesst ein Einlassrohr (14) ein, das Kompressorladeluft empfängt. Ein oder mehrere Rohre für gekühlte Kühlluft (16) stehen in Fluidverbindung mit dem Einlassrohr über einen Rohrverteiler (18), der die Entladeluft auf die Rohre für gekühlte Kühlluft verteilt. Eine Dichtung (12) ist oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet, um die Strömung in den HPP-Kreis hinein zu begrenzen, und eine zweite Dichtung ist unterstromig des HPP-Kreises am Turbinenradraum angeordnet, um die Ansaugung und damit die erforderliche Spülstromluft zu begrenzen. Der Kreis dient zur Verringerung des erforderlichen Spülstroms in dem HPP-Kreis, so dass ein Teil der Kompressorladeluft zurück in den Hauptströmungspfad geleitet werden kann, wodurch das Turbinenleistungsvermögen verbessert wird.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Aufbau und ein Verfahren zur Verbesserung des Turbinenleistungsvermögens, und insbesondere einen Kühlkreis, der Kompressorladeluft abzweigt, um die gesamte erforderliche Spülströmung zu unterstützen und kritische Turbinenkomponenten zu kühlen.

[0002] Die hinter der Hochdruckdichtung (HPP) einer Gasturbine austretende Kompressorladeluft wird typischerweise über den ersten vorderen Radraum, zwischen den Düsen und Schaufeln der ersten Stufe, an den primären Gaspfad zurückgeleitet. Dieser sekundäre Strömungspfad wird als der HPP-Kreis bezeichnet. Diese Luft wird für zwei Zwecke verwendet:

- (1) wird sie als Spülstrom in dem ersten Radraum verwendet, um eine Heissgasansaugung zu verhindern; und
- (2) kühlt sie kritische Komponenten in dem HPP-Kreis.

[0003] Einige der kritischen Komponenten in dem HPP-Kreis schliessen die Kompressor-Ankerbolzen, die Kompressor-Turbinen-Verbindung, den Düsenträgerring und das Rad der ersten Stufe ein.

[0004] In einigen Konstruktionen ist das Strömungsniveau in dem HPP-Kreis auf Grund von Anforderungen bezüglich Komponententemperatur höher als die Radraumspülungsanforderungen. Eine ideale Lösung sollte daher die gesamte Kreisströmung auf ein Niveau verringern, dass die Anforderungen bezüglich Radraumspülung erfüllt, während alle kritischen Komponenten in dem Kreis unterhalb der gewünschten Anforderungen bezüglich der Temperatur gehalten werden. Darüber hinaus kann eine bevorzugte Lösung auch schwankende Umgebungs- und Turbinenbetriebsbedingungen auf robuste Weise bewältigen. Schliesslich sollte die Lösung auch bei bestehenden Anlagen nachgerüstet werden können.

[0005] In einer bestehenden Turbinenkonstruktion von General Electric (der 9H-Turbine) verwendet ein HPP-Kreis ein Bypass-System für gekühlte Kühlluft. Der Kreis verwendet einen Wärmetauscher, um die entnommene Kompressorladeluft zu kühlen und die gekühlte Kühlluft vor den HPP-Kreis zu leiten, um nicht nur die Komponenten der letzten Stufen des Kompressors zu kühlen, sondern um auch zu verhindern, dass die Strömung einer der letzten Stufen in den HPP-Kreis gelangt. Dieses System setzt eine herkömmliche Dichtung und unternimmt keinen Versuch, um die hinter herkömmlichen Winkelflügeldichtungen erforderliche Spülströmung zu regulieren. Die gekühlte Kühlluft kann nicht geregelt werden.

[0006] In anderen Turbinenkonstruktionen wurden Bürstendichtungen implementiert, um die Spülströmung zu verringern. Dort wird jedoch auf Grund niedrigerer Kompressorladedemperaturen und in der Folge niedrigerer Temperaturen in dem HPP-Kreis, was in entsprechenden Radraumtemperaturtoleranzen resultiert, keine gekühlte Kühlluft benötigt.

## Kurze Beschreibung der Erfindung

[0007] In einer beispielhaften Ausführungsform dient ein Kühlkreis in einer Gasturbine zur Steigerung der Strömung in einem Hochdruckdichtungs- (HPP-)Kreis der Turbine. Der Kühlkreis schliesst ein Einlassrohr, das Kompressorladeluft empfängt, und zumindest ein Rohr für gekühlte Kühlluft in Fluidverbindung mit dem Einlassrohr über einen Rohrverteiler ein. Der Rohrverteiler verteilt die Entladeluft auf das zumindest eine Rohr für gekühlte Kühlluft. Eine oberstromige Dichtung ist oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet, und eine unterstromige Dichtung ist unterstromig des HPP-Kreises angeordnet.

[0008] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform schliesst ein Verfahren zur Verbesserung des Turbinenleistungsvermögens unter Verwendung eines Kühlkreises durch Steigerung der Strömung in einem Hochdruckdichtungs- (HPP-)Kreis der Turbine die Schritte ein, dass die Kompressorladeluft in einem Einlassrohr aufgenommen wird; dass die Entladeluft auf eine Vielzahl von Rohren für gekühlte Kühlluft verteilt wird; und dass eine oberstromige Dichtung oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet wird, um die in den HPP-Kreis eintretende Luft zu regulieren, und eine unterstromige Dichtung unterstromig des HPP-Kreises angeordnet wird, um den Bedarf an Radraumspülluft zu regulieren.

[0009] In noch einer weiteren beispielhaften Ausführungsform schliesst der Kühlkreis ein Einlassrohr ein, das Kompressorladeluft empfängt; zumindest ein Rohr für gekühlte Kühlluft in Fluidverbindung mit dem Einlassrohr über einen Rohrverteiler, wobei der Rohrverteiler die Entladeluft auf das zumindest eine Rohr für gekühlte Kühlluft verteilt; eine Kühlquelle in direktem Kontakt mit zumindest einem der Rohre für gekühlte Kühlluft und der abgezweigten Luft; ein zwischen dem Einlassrohr und dem zumindest einen Rohr für gekühlte Kühlluft eingebrachtes Ventil, wobei das Ventil die Massenströmung und eine Temperatur der abgezweigten Luft auf der Grundlage einer Temperatur des HPP-Kreises einstellt; eine oberstromige Dichtung, die oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet ist; und eine unterstromige Dichtung, die unterstromig des HPP-Kreises angeordnet ist.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010]

Fig. 1 zeigt den Kühlkreis einer beispielhaften Ausführungsform; und

Fig. 2 zeigt den Kühlkreis einer alternativen beispielhaften Ausführungsform.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0011]** Unter Bezugnahme auf Fig. 1 verwendet das System eine Dichtung 12, wie etwa eine Bürstendichtung, eine einstellbare Dichtung oder dergleichen, um eine übermässige Strömung von dem Kompressorentlade- und sekundären (oder Bypass-) System für gekühlte Kühlluft zu verhindern, um so den gesamten erforderlichen Spülstrom zu liefern und kritische Komponenten zu kühlen. Eine einstellbare Dichtung kann eine Dichtung sein, die im Laufe von Motorübergangszuständen zurückgezogen wird, um einen Verschleiss oder eine Beschädigung der Dichtung zu minimieren, oder eine Dichtung, die im Zuge von Wartungsarbeiten eine Einstellung erlaubt, um eine Abnutzung der Dichtung im Betrieb auszugleichen.

**[0012]** Die Dichtung 12 ist oberstromig oder benachbart zu dem Eingang in den HPP-Kreis vor allen kritischen Komponenten sowie vor der bestehenden Wabendichtung angeordnet. Wie bereits erwähnt kann die Dichtung eine herkömmliche Bürstendichtung, eine einstellbare Dichtung mit einem Stellsystem oder dergleichen sein.

**[0013]** Ein Einlassrohr 14 ist angeordnet, um Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom aufzunehmen. Vorzugsweise schliesst der Kreis zwei Einlassrohre 14 von etwa 3'' Durchmesser ein.

**[0014]** Abgezweigte Luft in dem Einlassrohr 14 strömt über einen Rohrverteiler 18 an eine Vielzahl von Rohren für gekühlte Kühlluft 16. Der Rohrverteiler 18 verteilt die Entlade- und sekundären Spülstrom von den Einlassrohren 14 auf die Rohre für gekühlte Kühlluft 16. Die Rohre für gekühlte Kühlluft 16 leiten die Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom zu dem HPP-Kreis.

**[0015]** In einer bevorzugten Anordnung schliesst der Kühlkreis zwölf Rohre für gekühlte Kühlluft ein, die am vertikalen Flansch des Kompressorentladegehäuses durchdringen und entlang der Verstrebung des Kompressorentladegehäuses an den Hinterkanten verlaufen. Die Rohre für gekühlte Kühlluft haben vorzugsweise einen Durchmesser von 3/4'' oder 1''. Die Positionierung über den Verstrebungen des Kompressorentladegehäuses dient dazu, den aerodynamischen Einfluss auf den Hauptgasstrom zu minimieren. Eine rechnergestützte Analyse der Fluidynamik wurde durchgeführt, um sicherzustellen, dass das zusätzliche Rohrsystem nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Hauptgasstrom ausübt. Die Rohre 16 durchdringen des Weiteren über geeignete Öffnungen den Flansch der Innentrommel des Kompressorentladegehäuses.

**[0016]** Der Kreis schliesst vorzugsweise zusätzlich eine Kühlquelle in Verbindung entweder mit dem Einlassrohr 14 oder mit den Rohren für gekühlte Kühlluft 16 oder mit beiden ein. In einer Anordnung umfasst die Kühlquelle Umgebungsluft, die dazu dient den Luftstrom zu kühlen, während er durch die Rohre für gekühlte Kühlluft 16 strömt. Alternativ kann die Kühlquelle einen Wärmetauscher 20 wie etwa einen Wärmetauscher vom Rohrbündeltyp oder dergleichen umfassen.

**[0017]** Noch eine weitere Alternative für die Kühlquelle ist ein Zerstäuber 22, der Wassertröpfchen entweder mit der abgezweigten Luft oder den Rohren für gekühlte Kühlluft 16 durch Sprühen in Kontakt bringt. Der Zerstäuber 22 erzeugt vorzugsweise Wassertröpfchen mikroskopischer Dimension, die direkt zur Kühlung der entnommenen Luft versprüht werden. Die Wassermenge, die zur Kühlung der Strömung um 150°F erforderlich ist, erhöht den Feuchtigkeitsgehalt des Hauptgaspfadstroms um nur 2%. Lokal im HPP-Kreis wird die spezifische Feuchtigkeit typischerweise das 4- bis 5-fache im Vergleich zum Zustand am Einlass betragen. Diese höhere Feuchtigkeit ist für die Kreiskomponenten im Allgemeinen unschädlich.

**[0018]** Fig. 2 veranschaulicht eine Alternative zu dem Wärmetauscher 20 oder Zerstäuber 22, die in Fig. 1 gezeigt werden. Fig. 2 veranschaulicht einen Ejektor 24, der Luft aus der 13. Stufe des Kompressors, oder Luft von einer anderen geeigneten Kompressor-Entnahmeöffnung mit der Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom mischt. Die Luft der 13. Stufe wird über eine geeignete Verrohrung 26 oder dergleichen an den Ejektor geleitet. Die Kombination aus Luft der 13. Stufe und Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom am Ejektorausgang weist eine gewünschte Temperatur und einen geringeren Druck als die Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom auf. Da relativ kostengünstigere Luft von Stufe 13, nämlich kostengünstiger in dem Sinne, dass weniger Arbeit zur Verdichtung und Erwärmung dieser Luft durchgeführt wurde, verwendet wird, kann zusätzliche Turbinenleistung gewonnen werden.

**[0019]** Die Austrittstemperatur und der Massenstrom kann durch ein zwischen dem Einlassrohr 14 und den Rohren für gekühlte Kühlluft 16 eingebrachtes Ventil 28 abgestimmt werden. Ein zusätzliches Ventil kann vorgesehen werden, um die Wassermenge bei Verwendung des Zerstäubers 22 zu regeln. Die zwei Ventile können entweder manuell oder automatisch durch Steuersignale betätigt werden. Vorzugsweise können die Ventile automatisch auf den gewünschten Massenstrom und die Temperatur der gekühlten Kühlluft auf der Grundlage einer Temperaturmessung an dem HPP-Kreis eingestellt werden. Solche Ventile können verwendet werden, um den GKL-Kreis unabhängig von dem verwendeten Kühlmechanismus zu regulieren. Diese Ventile sollten auf der Grundlage von Temperaturmessungen gesteuert werden, die in dem HPP-Kreis erfolgen; diese werden typischerweise an mehreren Positionen in dem Radraum vorgenommen, können aber auch an beliebigen kritischen Positionen in dem HPP-Kreis erfolgen. Temperaturmessungen können verwendet werden, um sowohl die ausreichende Kühlung der Kühlluft als auch eine Heissgasansaugung in den Radraum hinein festzustellen.

**[0020]** Die Rohre für gekühlte Kühlluft 16 führen die Kühlluft an verschiedene Positionen relativ zu dem HPP-Kreis zu. Wie in Fig. 1 und 2 dargestellt, sind vorzugsweise Öffnungen 30 in der inneren Trommel vorgesehen, um gekühlte Kühlluft zu den Ankerbolzen und dem Verbindungsflansch der Turbine mit dem Kompressor in der Turbine zuzuführen. Der verbleibende Teil der GKL wird direkt in den ersten vorderen Radraum hinein geleitet.

**[0021]** Das System und das Verfahren, die hier beschrieben wurden, versuchen, die Menge an Kompressorentlade- und sekundären Spülstrom, die in dem HPP-Kreis erforderlich ist, einzusparen und diese wieder in den Hauptströmungspfad zurückzuleiten, um das

Turbinenleistungsvermögen zu verbessern. Dies kann auf robuste Weise durch Einführung eines sekundären Strömungssystems erreicht werden, um gekühlte Kühlluft in den Kreis zu bringen. Die Menge der im Kreis erforderlichen Gesamtströmung wird durch die Anforderung bezüglich Radraumspülung diktiert. Die Differenz zwischen der Anforderung bezüglich Radraumspülung und der aktuellen Strömung ist ausreichend gross, um die Implementierung des sekundären Kreises für gekühlte Kühlluft zu rechtfertigen. Eine Dichtung begrenzt die Luft, die in den HPP-Kreis eintritt, auf das mögliche Minimum, so dass von der erforderlichen Spülluft möglichst viel von dem Kreis für gekühlte Kühlluft zugeführt wird. Eine verbesserte Abdichtung am Radraum durch verschleissbare Winkelflügeldichtungen reduziert die Menge der erforderlichen Spülluft. Die Mischung von Kompressorladeluft und gekühlter Kühlluft sollte ausreichend sein, um eine Heissgasansaugung in den Radraum hinein zu verhindern, während zugleich die kritischen Komponenten in dem Kreis unter bestimmten Temperaturgrenzen gehalten werden.

**[0022]** Obwohl die Erfindung in Verbindung mit den zur Zeit als die praktischsten und bevorzugten geltenden Ausführungsformen beschrieben wurde, ist dennoch klar, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen einzuschränken ist, sondern im Gegenteil verschiedene Abwandlungen und gleichwertige Anordnungen, die in das Wesen und den Schutzbereich der beiliegenden Ansprüche fallen, abdecken soll.

### Patentansprüche

1. Kühlkreis in einer Gasturbine zur Steigerung der Strömung in einem Hochdruckdichtungs- (HPP-) Kreis der Turbine, wobei der Kühlkreis umfasst:  
ein Einlassrohr (14), das Kompressorladeluft empfängt;  
zumindest ein Rohr für gekühlte Kühlluft (16) in Fluidverbindung mit dem Einlassrohr über einen Rohrverteiler (18), wobei der Rohrverteiler die Entladeluft auf das zumindest eine Rohr für gekühlte Kühlluft verteilt;  
eine oberstromige Dichtung (12), die oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet ist; und  
eine unterstromige Dichtung (12), die unterstromig des HPP-Kreises angeordnet ist.
2. Kühlkreis nach Anspruch 1, des Weiteren umfassend eine Kühlquelle (20, 22, 24) in Verbindung mit dem zumindest einen Rohr für gekühlte Kühlluft.
3. Kühlkreis nach Anspruch 2, wobei die Kühlquelle Umgebungsluft umfasst.
4. Kühlkreis nach Anspruch 2, wobei die Kühlquelle einen Wärmetauscher (20) umfasst.
5. Kühlkreis nach Anspruch 2, wobei die Kühlquelle einen Zerstäuber (22) umfasst, der Wassertröpfchen entweder mit der abgezweigten Luft oder dem zumindest einen Rohr für gekühlte Kühlluft (16) durch Sprühen in Kontakt bringt.
6. Kühlkreis nach Anspruch 2, wobei die Kühlquelle einen Ejektor (24) umfasst, der Luft von zumindest zwei Kompressorstufen einschliesslich der Kompressorladung vermischt.
7. Kühlkreis nach Anspruch 1, wobei die Rohre für gekühlte Kühlluft (16) einen vertikalen Flansch des Kompressorladegehäuses durchdringen und sich entlang einer Verstrebung des Kompressorladegehäuses an Hinterkanten erstrecken.
8. Kühlkreis nach Anspruch 1, des Weiteren umfassend ein zwischen dem Einlassrohr (14) und den Rohren für gekühlte Kühlluft (16) eingebrachtes Ventil (28), wobei das Ventil den Massenstrom und eine Temperatur der abgezweigten Luft auf der Grundlage einer Temperatur des HPP-Kreises einstellt.
9. Kühlkreis nach Anspruch 1, des Weiteren umfassend Öffnungen (30) in einer Innentrommel, um zuzulassen, dass gekühlte Kühlluft von den Rohren für gekühlte Kühlluft (16) zumindest entweder einen Ankerbolzen oder einen Flansch der Verbindung zwischen der Turbine und dem Kompressor in der Turbine erreicht.
10. Verfahren zur Verbesserung des Turbinenleistungsvermögens unter Verwendung eines Kühlkreises durch Steigerung der Strömung in einem Hochdruckdichtungs- (HPP-) Kreis der Turbine, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:  
dass die Kompressorladeluft in einem Einlassrohr (14) aufgenommen wird;  
dass die Entladeluft auf eine Vielzahl von Rohren für gekühlte Kühlluft (16) verteilt wird; und  
dass eine oberstromige Dichtung (12) oberstromig eines Eingangs in den HPP-Kreis angeordnet wird, um die in den HPP-Kreis eintretende Luft zu regulieren, und eine unterstromige Dichtung (12) unterstromig des HPP-Kreises angeordnet wird, um den Bedarf an Radraumspülluft zu regulieren.

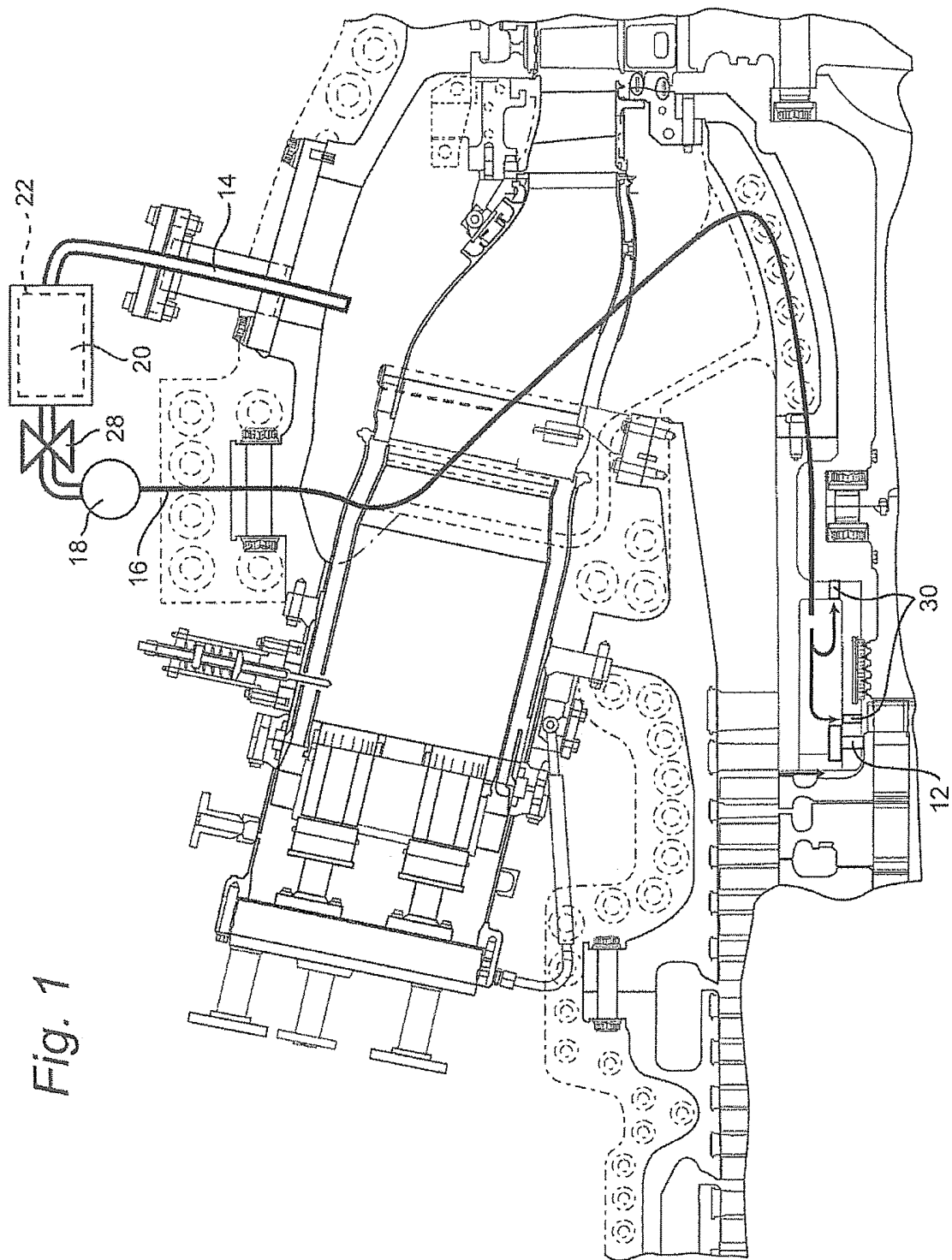


Fig. 1

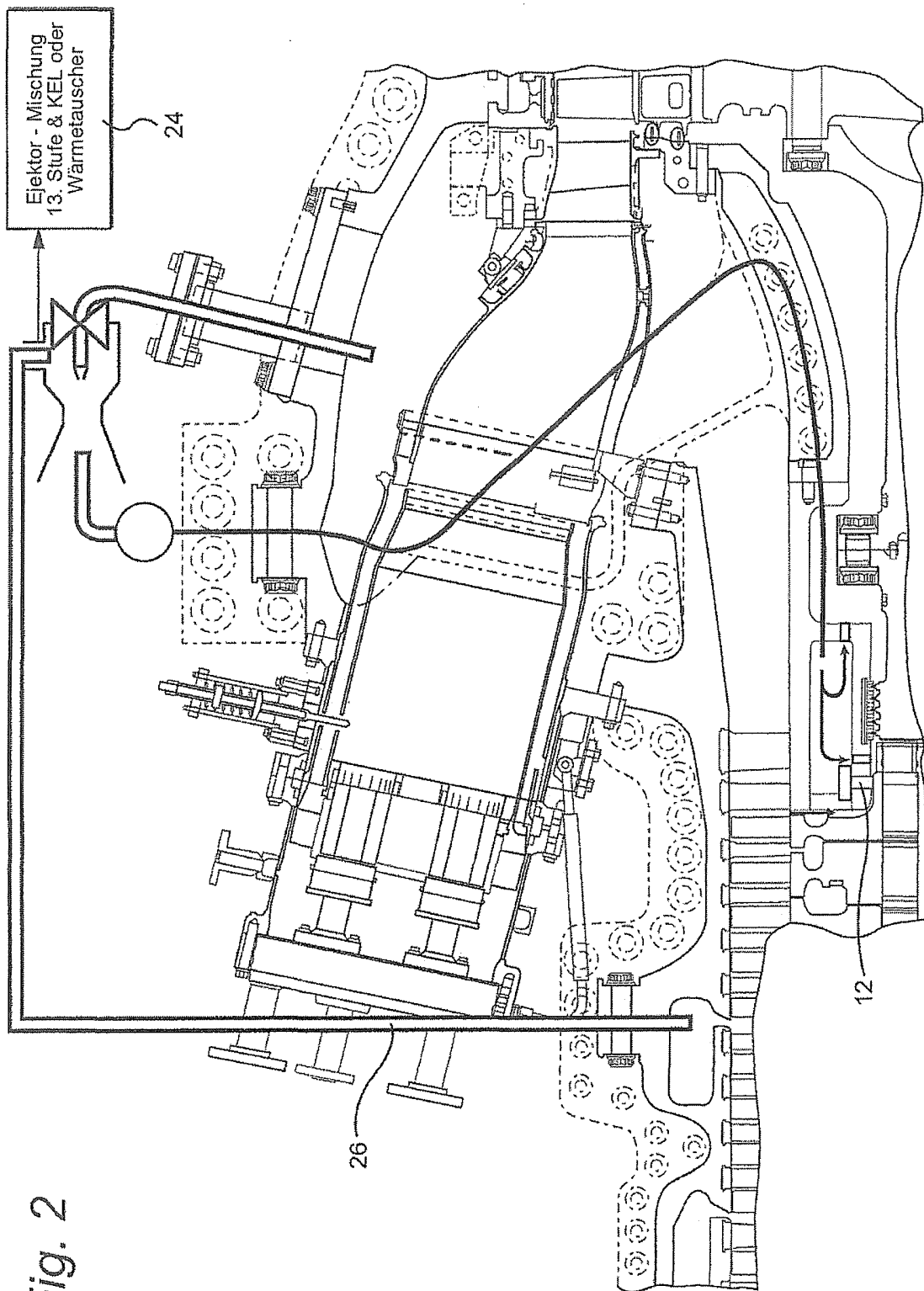


Fig. 2