

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 467 A2

(51) Int. Cl.: F01K 23/10 (2006.01)
F01D 19/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00147/09

(22) Anmeldedatum: 02.02.2009

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.08.2009

(30) Priorität: 05.02.2008 US 12/026,203

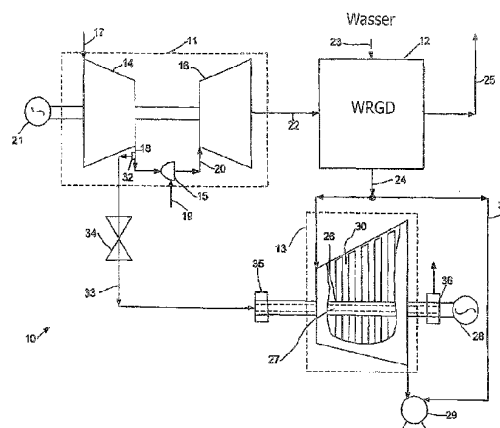
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:
James Antony West,
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)
Sam Draper, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

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

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Anfahren eines Kraftwerkes.

(57) Es wird ein Kraftwerk (10) bereitgestellt, das eine Gasturbine (11) mit einem Verdichter (14) zum Erzeugen verdichteter Luft und einer Brennkammer (15) zum Verbrennen der verdichteten Luft mit einem Brennstoff (19) zum Erzeugen eines heissen Verbrennungsgases (20) enthält. Das Kraftwerk (10) enthält ausserdem einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (12) zum Erzeugen eines Dampfstromes (24) mit Hilfe von Abgas (22) aus der Gasturbine (11) und eine Dampfturbine (13) zum Ausdehnen des Dampfstromes (24) aus dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator (12). Die Dampfturbine (13) hat einen Rotor (26); der eine axiale Rotorbohrung (27) aufweist. Das Kraftwerk (10) enthält ausserdem einen Kanal (33) zum Lenken mindestens eines Teils der verdichteten Luft (18) und/oder mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases (20) aus der Gasturbine (11) in die Rotorbohrung (27) der Dampfturbine (13), wobei die verdichtete Luft (18) und/oder das heisse Verbrennungsgas (20) die Rotorbohrung (27) der Dampfturbine erwärmen kann.



Beschreibung**Technisches Gebiet**

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft einen Prozess zum Anfahren eines Kombikraftwerkes.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Kombikraftwerke enthalten allgemein eine Gasturbine, die nach dem Brayton-Zyklus arbeitet, und eine Dampfturbine, die nach dem Rankine-Zyklus arbeitet. Ein höherer Wirkungsgrad kann erreicht werden, wenn man eine Gasturbine und eine Dampfturbine im Verbund betreibt, als wenn eine Gasturbine oder eine Dampfturbine getrennt voneinander betrieben werden. Ein Kombikraftwerk enthält in der Regel eine Gasturbine, einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und eine Dampfturbine. Eine Gasturbine ist mit einem Generator gekoppelt, um Elektrizität zu erzeugen. Ein Abgas von der Gasturbine wird in den Wärmerückgewinnungsdampfgenerator eingeleitet, um einen Dampfstrom zu erzeugen. Der Dampf treibt die Dampfturbine an, die mit einem Generator gekoppelt ist, um zusätzliche Elektrizität zu erzeugen.

[0003] Das Minimieren der Anfahrtdauer verbessert die Verfügbarkeit von Kombikraftwerken und verringert die Wartungskosten und die Anfahrmissionen. Die Gesamt-Anfahrtdauer für ein Kombikraftwerk ist durch die Anfahrtdauer der Dampfturbine begrenzt. Das Anfahren der Gasturbine vollzieht sich im Vergleich zum Anfahren der Dampfturbine rasch. Während des Anfahrens kommt es zu einem relativ raschen Ansteigen der Abgastemperatur aus der Gasturbine. Bei zunehmender Belastung der Gasturbine wird eine Obergrenze der Abgastemperatur erreicht. Eine Gasturbinensteereinheit vergrößert dann den Luftstrom der Einheit, während sie die Abgastemperaturgrenze beibehält. Abgasstrom und Abgastemperatur stehen in direktem Zusammenhang mit der in dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator abgegebenen Energiemenge und der durch den Wärmerückgewinnungsdampfgenerator erzeugten Dampftemperatur.

[0004] Das Anfahren der Dampfturbine vollzieht sich im Vergleich zum Anfahren der Gasturbine langsam. Die Anfahrtdauer der Dampfturbine ist durch die thermischen Belastungen begrenzt, die durch Temperaturgradienten zwischen dem Rotorkern und den Rotorschaukeln verursacht werden. Diese thermischen Belastungen werden durch Messen der Temperaturdifferenz zwischen dem Rotor und dem Dampf am Einlass der Dampfturbine überwacht. Die zulässige Dampfeinlasstemperatur ist durch die Rotortemperatur begrenzt. Mit zunehmender Rotortemperatur sind höhere Einlassdampftemperaturen zulässig. Weil die Dampfturbinenrotortemperatur der zulässigen Einlassdampftemperatur eine Grenze auferlegt und die Gasturbinenabgastemperatur die Dampftemperatur steuert, kann die Belastung der Gasturbine erst gesteigert werden, wenn der Dampfturbinenrotor auf eine ausreichende Temperatur erwärmt wurde. Dadurch können die finanziellen Einnahmen sinken, weil das Kraftwerk gezwungen ist, über einen längeren Zeitraum mit geringerem Wirkungsgrad zu arbeiten. Die Anfahrmissionen können ebenfalls zunehmen, weil die Belastung der Gasturbine möglicherweise zu gering ist, als dass die Brennkammer effizient arbeiten könnte, wodurch die Konzentrationen von Emissionen wie zum Beispiel NO_x und CO grösser werden, als sie es bei höherer Belastung wären.

[0005] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aufwärmen einer Dampfturbine während des Anfahrens der Gasturbine sind wünschenswert, um die thermischen Belastungen zu verringern und die Anfahrtdauer eines Kombikraftwerkes zu verkürzen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] In einer Ausführungsform stellt die vorliegende Anmeldung ein Kraftwerk bereit. Das Kraftwerk kann eine Gasturbine enthalten, die einen Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft und eine Brennkammer zum Verbrennen der verdichteten Luft mit einem Brennstoff zum Erzeugen eines heissen Verbrennungsgases aufweist. Das Kraftwerk kann ausserdem einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator zum Erzeugen eines Dampfstromes mit Hilfe eines Abgases der Gasturbine und eine Dampfturbine zum Ausdehnen des Dampfstromes aus dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator enthalten. Die Dampfturbine kann einen Rotor enthalten, in dem axial eine Rotorbohrung verläuft. Das Kraftwerk kann auch einen Kanal enthalten, um mindestens einen Teil der verdichteten Luft und/oder mindestens einen Teil des heissen Verbrennungsgases aus der Gasturbine zu der Rotorbohrung der Dampfturbine zu lenken, wobei die verdichtete Luft und/oder das heisse Verbrennungsgas die Rotorbohrung der Dampfturbine erwärmen können.

[0007] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung stellt ein Verfahren zum Erwärmen einer Dampfturbine während des Anfahrens eines Kraftwerkes bereit, das Folgendes aufweist:

- (i) eine Gasturbine mit einem Verdichter, einer Brennkammer und einer Turbine zum Ausdehnen eines heissen Verbrennungsgases,
- (ii) einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und
- (iii) eine Dampfturbine mit einem Rotor, der eine axiale Rotorbohrung aufweist.

[0008] Das Verfahren zum Erwärmen der Dampfturbine während des Anfahrens enthält Folgendes: Verdichten von Umgebungsluft in dem Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft, Abziehen mindestens eines Teils der verdichteten Luft aus

dem Verdichter, und Einleiten der verdichteten Luft in die Rotorbohrung der Dampfturbine, wobei die verdichtete Luft den Rotor erwärmt.

[0009] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung stellt ein Verfahren zum Erwärmen einer Dampfturbine während des Anfahrens eines Kraftwerkes bereit, das Folgendes aufweist:

- (i) eine Gasturbine mit einem Verdichter, einer Brennkammer und einer Turbine zum Ausdehnen eines heissen Verbrennungsgases,
- (ii) einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und
- (iii) eine Dampfturbine mit einem Rotor, der eine axiale Rotorbohrung aufweist.

[0010] Das Verfahren zum Erwärmen der Dampfturbine während des Anfahrens enthält Folgendes: Verdichten von Umgebungsluft in dem Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft, Verbrennen der verdichteten Luft mit einem Brennstoff zum Erzeugen eines heissen Verbrennungsgases, Abziehen mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases aus der Brennkammer und Einleiten des heissen Verbrennungsgases in die Rotorbohrung der Dampfturbine, wobei das heisse Verbrennungsgas den Rotor erwärmt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011]

- Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Kraftwerkes einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung, wie im vorliegenden Text beschrieben.
- Fig. 2 ist eine schematische Ansicht eines Kraftwerkes einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung, wie im vorliegenden Text beschrieben.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0012] Wenden wir uns nun den Zeichnungen zu, wo in den einzelnen Ansichten gleiche Bezugszahlen gleiche Elemente bezeichnen. Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Kraftwerkes 10 einer konkreten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Das Kraftwerk 10 kann eine Gasturbine 11, einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator («WRDG») 12 und eine Dampfturbine 13 enthalten.

[0013] Die Gasturbine 11 kann einen Verdichter 14, eine Brennkammer 15 und eine Turbine 16 enthalten. Während des normalen Betriebes kann Umgebungsluft 17 durch den Verdichter 14 verdichtet werden, um verdichtete Luft 18 zu erzeugen. Die verdichtete Luft 18 kann zusammen mit einem Brennstoff 19 in die Brennkammer 15 eingeleitet werden. In der Brennkammer 15 kann der Brennstoff 19 mit der verdichteten Luft 18 verbrannt werden, um ein heisses Verbrennungsgas 20 zu erzeugen. In bestimmten Ausführungsformen kann es sich bei dem Brennstoff um Folgendes handeln: Erdgas, Wasserstoff, Propan, Butan, Isopropan, Benzin, Dieselkraftstoff, Düsentriebwerkskraftstoff, Kerosin, Ethanol, Isopropylalkohol oder synthetische Gase aus Kohle. Das heisse Verbrennungsgas 20 kann dann in die Turbine 16 eingeleitet werden, in der sich das heisse Verbrennungsgas 20 ausdehnen kann, um Rotationsarbeit zu erzeugen. Die Turbine 16 kann mit einem ersten Generator 21 gekoppelt sein, um Elektrizität zu erzeugen.

[0014] Das Abgas 22 aus der Turbine 16 der Gasturbine 11 kann zu dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 gelenkt werden. In dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 kann Wärme von dem Gasturbinenabgas 22 zu einem Speisewasserfluss 23 übertragen werden, wodurch ein Dampfstrom 24 erzeugt wird. Nach dem Durchströmen des Wärmerückgewinnungsdampfgenerators 12 kann das abgekühlte Abgas dann über einen Kamin 25 ins Freie abgelassen werden. In einer konkreten Ausführungsform kann der Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 Leitungen, einschliesslich Rippenrohre, für den Speisewasserfluss 23 enthalten. Das heisse Abgas kann über die Rippenrohre strömen, wodurch ein beträchtlicher Teil seiner Wärme an den Speisewasserfluss abgegeben wird, und dadurch Dampf erzeugen.

[0015] Der Dampfstrom 24 aus dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 kann dann in die Dampfturbine 13 gelenkt werden. Die Dampfturbine 13 kann einen Rotor 26 enthalten, in dem sich eine axiale Rotorbohrung 27 befindet. Während des normalen Betriebes kann der Dampf 24 in den Dampfströmungspfad 30 der Dampfturbine 13 eingeleitet werden, wo er sich ausdehnen kann, wodurch er Rotationsarbeit erzeugt. Der Rotor 26 der Dampfturbine 13 kann mit einem zweiten Generator 28 gekoppelt sein, um Elektrizität zu erzeugen. In einer konkreten Ausführungsform können sowohl die Gasturbine als auch die Dampfturbine mit demselben Generator gekoppelt sein, um Elektrizität zu erzeugen. Nach dem Verlassen der Dampfturbine 13 kann der Dampf in einen Kondensator 29 abgelassen werden.

[0016] Während des Anfahrens kann die Gasturbine 11 so schnell wie möglich in einen stabilen Betriebszustand versetzt werden. Das Abgas 22 aus der Gasturbine 11 kann zu dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 gelenkt werden, der einen Dampf strömt 24 erzeugt. Es kann eine gewisse Zeit vergehen, bevor der Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 in der Lage ist, Dampf mit ausreichender Temperatur und genügend Druck zu erzeugen, um ihn in die Dampfturbine 13 einleiten zu können. Wenn Dampf mit niedriger Temperatur und geringem Druck in die Dampfturbine 13 eingeleitet wird,

so könnte dies zu unerwünschter Kondensation innerhalb des Dampfturbinenströmungspfad 30 führen. Dampf kann über den Kanal 31 in den Kondensator 29 abgelassen werden, bis er eine ausreichende Temperatur und genügend Druck besitzt, um in die Dampfturbine 13 eingeleitet werden zu können.

[0017] Es kann ein Auslass 32 vorhanden sein, um mindestens einen Teil der verdichteten Luft 18 aus dem Verdichter 14 der Gasturbine 11 abzuführen. In einer anderen Ausführungsform kann ein Verdichter getrennt von dem Verdichter 14 der Gasturbine 11 angeordnet sein, um verdichtete Luft zu liefern. Der von dem Verdichter 14 der Gasturbine 11 getrennte Verdichter kann durch einen Elektromotor, einen Kolbenmotor, eine Gasturbine, eine Dampfturbine oder eine andere Antriebsquelle betrieben werden. Während des Anfahrens kann der Teil der verdichteten Luft 18 über einen Kanal 33 in die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 eingeleitet werden. Der Kanal 33 kann ein beliebiges Mittel enthalten, mit dem die verdichtete Luft 18 von dem Verdichter 14 in die Rotorbohrung 27 übertragen werden kann. Es kann ein Ventil 34 vorhanden sein, um den Strom durch den Kanal 33 hindurch zu steuern. Während des Anfahrens kann das Ventil 34 geöffnet werden, um die Strömung aus dem Verdichter 14 in die Rotorbohrung 27 hinein zu ermöglichen, wodurch der Rotor 26 erwärmt wird, bevor Dampf in den Dampfströmungspfad 30 eingeleitet wird. Nachdem das Anfahren vollendet ist, kann das Ventil 34 geschlossen werden, wodurch die verdichtete Luft durch die Turbine 16 hindurch gelenkt wird, um nutzbare Arbeit zu erzeugen.

[0018] Die Dampfturbine 13 kann ein System 35 enthalten, um den verdichteten Luftstrom in die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 zu leiten. Nachdem der verdichtete Luftstrom die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 passiert hat, kann ein zweites System 36 angeordnet sein, um die verdichtete Luft aus der Rotorbohrung 27 abzuführen. Systeme, die zum Einleiten einer Strömung in die Rotorbohrung einer Turbine geeignet sind, sind dem Fachmann bekannt. Zum Beispiel ist ein geeignetes System zum Einleiten eines Gases in die Rotorbohrung einer Dampfturbine im US-Patent Nr. 5 498 131 des Erfinders Minto beschrieben. Nachdem sie die Rotorbohrung 27 verlässt, kann die verdichtete Luft ins Freie abgelassen werden.

[0019] Fig. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines Kraftwerkes gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Im Gegensatz zu Fig. 1 enthält das Kraftwerk von Fig. 2 einen Auslass 37 zum Abziehen mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases 20 aus der Brennkammer 15 der Gasturbine 11. Während des Anfahrens kann der Teil des heissen Verbrennungsgases 20 über einen Kanal 33 in die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 eingeleitet werden. Es kann ein Ventil 34 vorhanden sein, um die Strömung durch den Kanal 33 hindurch zu steuern. In einer konkreten Ausführungsform kann ein Kühlsystem zum Kühlen des Kanals vorhanden sein. Während des Anfahrens kann das Ventil 34 geöffnet werden, um die Strömung aus der Brennkammer 15 in die Rotorbohrung 27 hindurch zu ermöglichen, wodurch der Rotor 26 erwärmt wird, bevor Dampf in den Dampfströmungspfad 30 eingeleitet wird. Nachdem das Anfahren vollendet ist, kann das Ventil 34 geschlossen werden, wodurch das heisse Verbrennungsgas 20 durch die Turbine 16 hindurch geleitet wird, um nutzbare Arbeit zu erzeugen.

[0020] Die Dampfturbine 13 kann ein System 35 zum Einleiten des heissen Verbrennungsgases in die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 enthalten. Nachdem das heisse Verbrennungsgas die Rotorbohrung 27 der Dampfturbine 13 passiert hat, kann ein zweites System 36 vorhanden sein, um das heisse Verbrennungsgas aus der Rotorbohrung 27 abzuführen. Nachdem es die Rotorbohrung 27 verlässt, kann das heisse Verbrennungsgas ins Freie abgelassen werden. In einer anderen Ausführungsform kann das heisse Verbrennungsgas in den Wärmerückgewinnungsdampfgenerator 12 eingeleitet werden, nachdem es die Rotorbohrung 27 passiert hat.

[0021] Durch Erwärmen der Dampfturbine während des Anfahrens können die Vorrichtung und das Verfahren der vorliegenden Anmeldung die thermischen Belastungen verringern und können die Gesamt-Anfahrdauer von Kombikraftwerken verkürzen.

[0022] Es versteht sich, dass sich das oben Dargelegte nur auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung bezieht und dass zahlreiche Änderungen und Modifikationen daran vorgenommen werden können, ohne von dem allgemeinen Geist und Geltungsbereich der Erfindung abzuweichen, wie er durch die folgenden Ansprüche und deren Äquivalente definiert wird.

Patentansprüche

1. Kraftwerk, das Folgendes umfasst:
eine Gasturbine, die einen Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft und eine Brennkammer zum Verbrennen der verdichteten Luft mit einem Brennstoff zum Erzeugen eines heissen Verbrennungsgases umfasst;
einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator zum Erzeugen eines Dampfstromes mit Hilfe eines Abgases der Gasturbine;
eine Dampfturbine zum Ausdehnen des Dampfstromes aus dem Wärmerückgewinnungsdampfgenerator, wobei die Dampfturbine einen Rotor umfasst, der eine axiale Rotorbohrung aufweist; und
einen Kanal zum Lenken mindestens eines Teils der verdichteten Luft oder mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases aus der Gasturbine in die Rotorbohrung der Dampfturbine, wobei die verdichtete Luft oder das heisse Verbrennungsgas die Rotorbohrung der Dampfturbine erwärmen können.

2. Kraftwerk nach Anspruch 1, wobei die Gasturbine des Weiteren eine Turbine zum Ausdehnen des heissen Verbrennungsgases umfasst.
3. Kraftwerk nach Anspruch 1, das des Weiteren ein Ventil zum Steuern der Strömung durch den Kanal hindurch umfasst.
4. Kraftwerk nach Anspruch 1, wobei der Kanal verdichtete Luft aus dem Verdichter der Gasturbine in die Rotorbohrung der Dampfturbine lenkt.
5. Kraftwerk nach Anspruch 4, das des Weiteren einen Auslass zum Abziehen mindestens eines Teils der verdichteten Luft aus dem Verdichter der Gasturbine umfasst.
6. Kraftwerk nach Anspruch 1, wobei der Kanal heisses Verbrennungsgas aus der Brennkammer der Gasturbine in die Rotorbohrung der Dampfturbine lenkt.
7. Kraftwerk nach Anspruch 6, das des Weiteren einen Auslass zum Abziehen mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases aus der Brennkammer der Gasturbine umfasst.
8. Kraftwerk nach Anspruch 1, das des Weiteren ein System zum Einleiten mindestens eines Teils der verdichteten Luft oder mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases in die Rotorbohrung der Dampfturbine umfasst.
9. In einem Kraftwerk, das Folgendes aufweist:
 - (i) eine Gasturbine, die einen Verdichter umfasst,
 - (ii) einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und
 - (iii) eine Dampfturbine, die einen Rotor umfasst, der eine axiale Rotorbohrung aufweist, ein Verfahren zum Erwärmen der Dampfturbine während des Anfahrens, das Folgendes umfasst:
Verdichten von Umgebungsluft in dem Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft;
Abziehen mindestens eines Teils der verdichteten Luft aus dem Verdichter; und
Einleiten der verdichteten Luft in die Rotorbohrung der Dampfturbine, wobei die verdichtete Luft den Rotor erwärmt.
10. In einem Kraftwerk, das Folgendes aufweist:
 - (i) eine Gasturbine, die einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine zum Ausdehnen eines heissen Verbrennungsgases umfasst,
 - (ii) einen Wärmerückgewinnungsdampfgenerator und
 - (iii) eine Dampfturbine, die einen Rotor umfasst, der eine axiale Rotorbohrung aufweist, ein Verfahren zum Erwärmen der Dampfturbine während des Anfahrens, das Folgendes umfasst:
Verdichten von Umgebungsluft in dem Verdichter zum Erzeugen verdichteter Luft;
Verbrennen der verdichteten Luft mit einem Brennstoff zum Erzeugen eines heissen Verbrennungsgases;
Abziehen mindestens eines Teils des heissen Verbrennungsgases aus der Brennkammer; und
Einleiten des heissen Verbrennungsgases in die Rotorbohrung der Dampfturbine, wobei das heisse Verbrennungsgas den Rotor erwärmt.

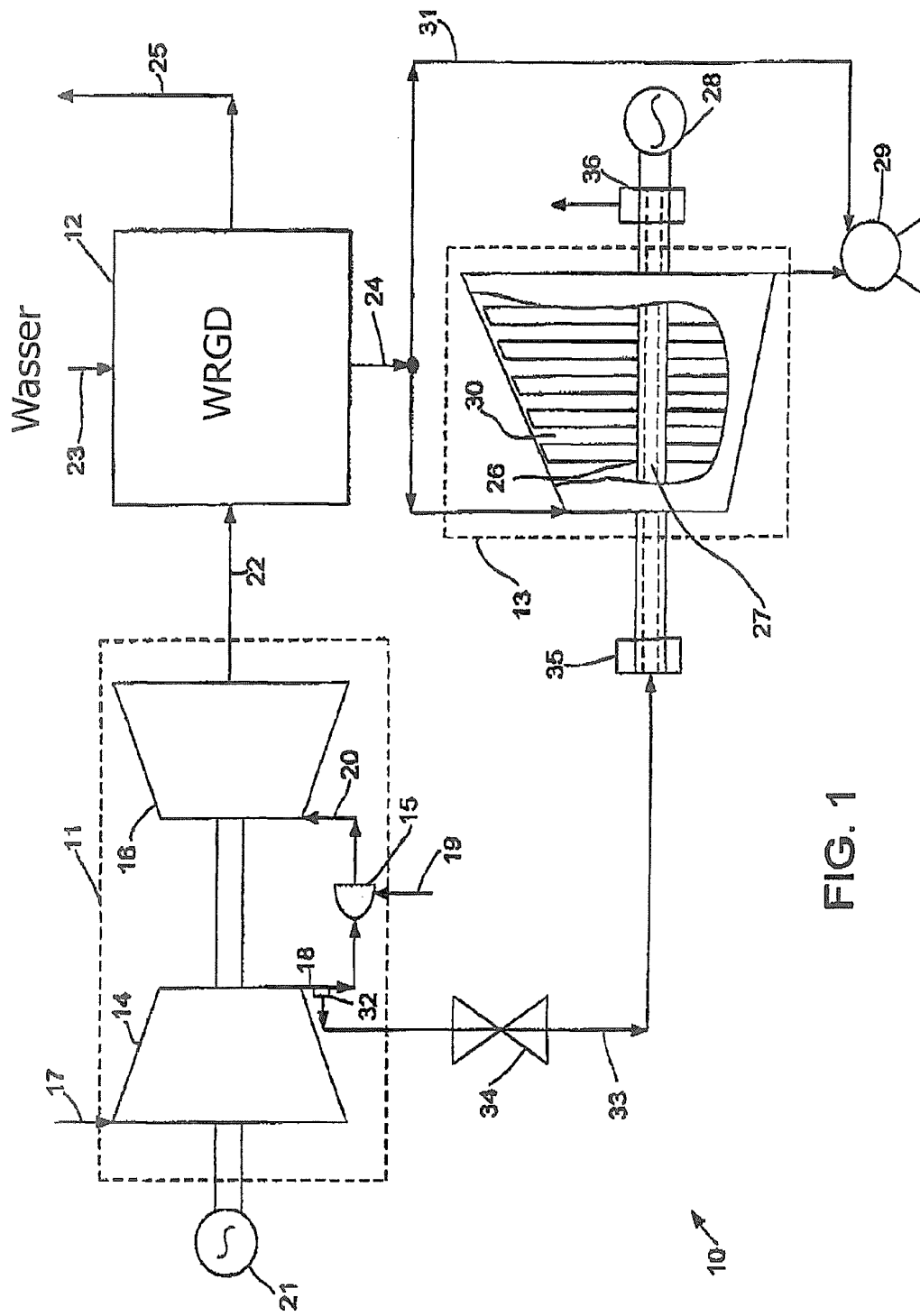


FIG. 1

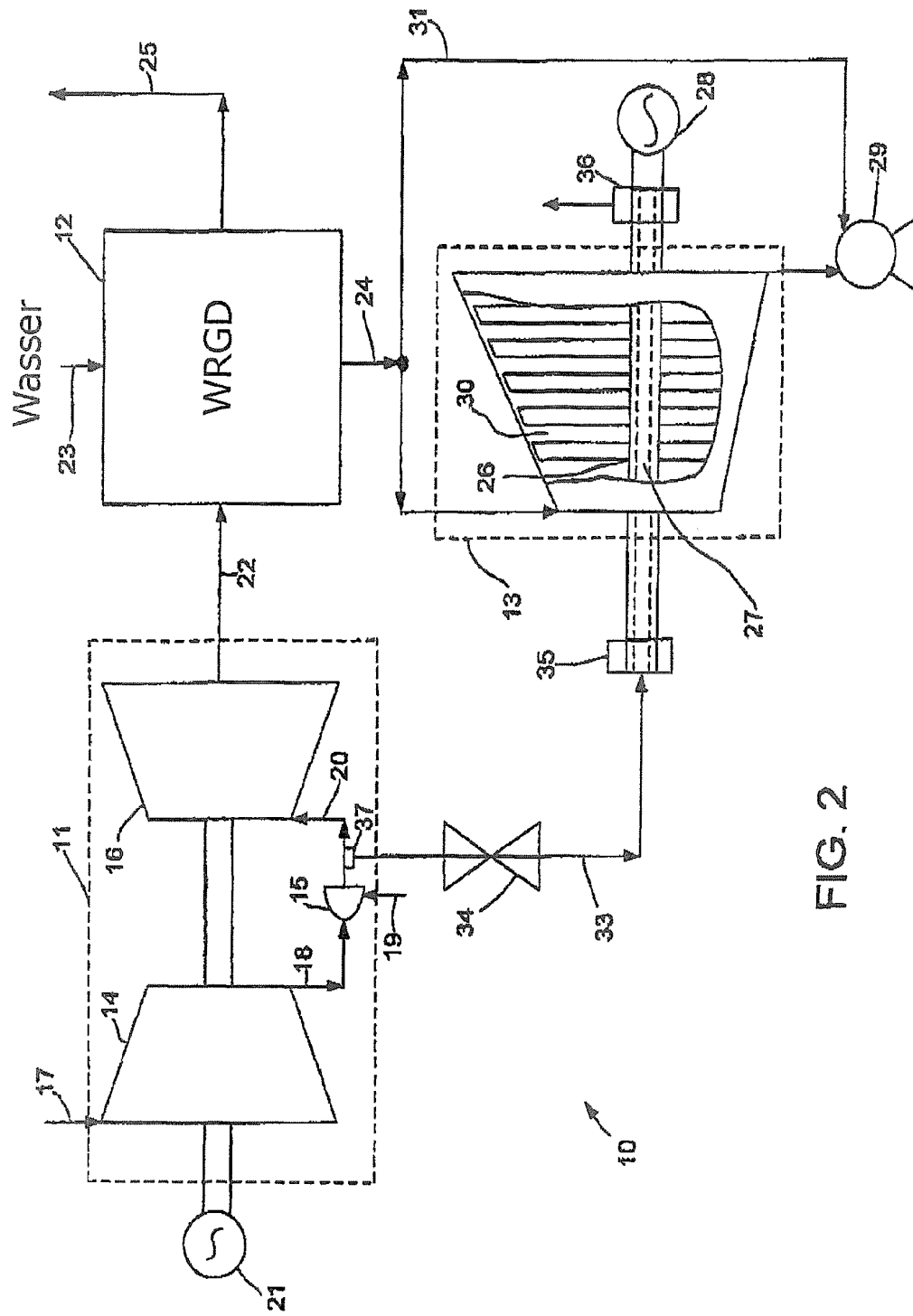


FIG. 2