



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 47 000.2**
(22) Anmeldetag: **25.09.2001**
(43) Offenlegungstag: **30.04.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.02.2012**

(51) Int Cl.: **F02C 3/34 (2006.01)**
F02C 9/16 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
ALSTOM Technology Ltd., Baden, CH

(74) Vertreter:
Rösler, Uwe, 81241, München, DE

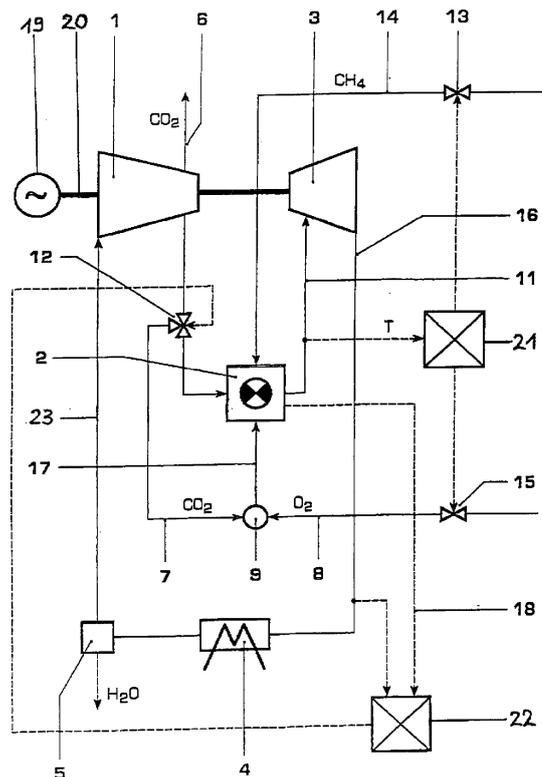
(72) Erfinder:
Frutschi, Hans Ulrich, Riniken, CH; Griffin, Timothy, Dr., Ennetbaden, CH; Span, Roland, Dr., Untersiggenthal, CH; Winkler, Dieter, 79787, Lauchringen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	199 52 884	A1
US	3 736 745	A
EP	0 953 748	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage mit einem geschlossenen oder quasi-geschlossenen Kreislauf, wobei die Kraftwerksanlage im wesentlichen aus mindestens einer Verdichtereinheit (1) oder einer Pumpe, mindestens einer Brennkammer (2), mindestens einer Gasturbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4) besteht und wobei in der Brennkammer (2) ein Brennstoffmassenstrom (14) mit mindestens einem Sauerstoffstrom (8) unter Bildung eines Heissgases (11) reagiert, welches Heissgas (11) in der mindestens einen Turbine (3) arbeitsleistend entspannt und nach Austritt aus der Gasturbine (3) in einem Abwärmeverwerter (4) abgekühlt wird und in einem Kreislauf (23) in die Verdichtereinheit (1) zurückgeführt, verdichtet und zusammen mit dem Brennstoffmassenstrom (14) und dem Sauerstoffstrom (8) in die Brennkammer (2) eingeführt wird, wobei überschüssige Verbrennungsprodukte (CO_2 , H_2O) an einer geeigneten Stelle (5, 6) aus dem Kreislauf (23) entnommen werden, dadurch gekennzeichnet, dass vor Eintritt in die Brennkammer (2) ein Teilstrom (7) des Kreislaufmediums aus dem Kreislauf (23) abgezweigt und dem Sauerstoffstrom (8) zur...



Beschreibung

Darstellung der Erfindung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage nach dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Stand der Technik

[0002] Allgemein sind Kraftwerksanlagen bekannt, welche kohlenstoffhaltige Brennstoffe unter Zuführung von komprimierter Atmosphärenluft verbrennen. Die bei der Verbrennung erzeugten Verbrennungsgase wie Kohlendioxid CO_2 und Stickoxide stellen jedoch ein vielschichtiges Problem dar und werden nicht zuletzt für die Klimaerwärmung verantwortlich gemacht.

[0003] Aus der EP 0 953 748 A1 ist eine Kraftwerksanlage mit einem geschlossenen oder quasi-geschlossenen Kreislauf bekannt. Der Kreislauf wird mit einem CO_2 -haltigen Medium mit einer inneren Verbrennung eines Brennstoffs und dem dazu nötigen Sauerstoff betrieben. Überschüssiges CO_2 wird aus dem Kreislauf entnommen und in eine Auskondensierungsanlage eingeleitet. Das auskondensierte CO_2 kann dann umweltschonend entsorgt werden. Durch die Verwendung eines geschlossenen oder quasi-geschlossenen Kreislaufs mit Zugabe von reinem Sauerstoff als Oxidator wird zudem verhindert, dass Luftstickstoff in die Flamme kommt, wodurch keine oder nur geringfügig Stickoxide als Verbrennungsprodukt entstehen.

[0004] Andere Ausführungsformen solcher Kraftwerksanlagen mit geschlossenem oder quasi-geschlossenem Kreislauf sind in der DE 19952884 näher beschrieben. Die entspannten, im Wesentlichen stickstofffreien Abgase aus der Gasturbine werden in einem Wärmeübertrager auf eine Temperatur unterhalb der Verdampfungstemperatur von Wasser abgekühlt und flüssiges Wasser abgeschieden. In einem nachgeschaltetem Kondensator wird das CO_2 verflüssigt und ein Teilstrom desselben zusammen mit anderen unerwünschten Bestandteilen, insbesondere Inerten, zwecks weiterer Verwendung ausgekreist. Das verbleibende CO_2 wird als Kreislaufmedium zum Verdichter der Turbinenanlage zurückgeführt, dort verdichtet und in die Brennkammer eingeleitet, wo es sich mit den heißen Verbrennungsgasen vereinigt und als Arbeitsmedium der Gasturbine zugeführt wird.

[0005] Bei solchen geschlossenen oder quasi-geschlossenen Kreisläufen stellt jedoch vielmals die Einstellung optimaler Verbrennungsverhältnisse hinsichtlich Flammenstabilität, Heissgastemperatur und Dissoziationsgrad, z. B. bzgl. der Bildung von Kohlenmonoxid (CO), ein Problem dar.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage der eingangs genannten Art optimale Verbrennungsverhältnisse zu gewährleisten.

[0007] Erfindungsgemäss wird dies durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs erreicht.

[0008] Kern der Erfindung ist es also, vor der Brennkammer einen Teilstrom des Kreislaufmediums CO_2 dem Sauerstoffstrom beizumischen zum Zwecke der Erzeugung eines nachfolgend als Kunstluft bezeichneten Gemischs aus Sauerstoff (O_2), Kohlendioxid (CO_2) und gegebenenfalls Wasser (H_2O), und diese Kunstluft der Brennkammer zuzuführen.

[0009] Durch diese Massnahme werden die vorgeannten Nachteile bei der Verbrennung mit reinem Sauerstoff abgemildert.

[0010] Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass durch die Einstellung eines optimalen Verhältnisses von O_2 , CO_2 und ggf. H_2O , also einer quasi optimal zusammengesetzten „Kunstluft“, es möglich ist, je nach Brennerkonzept optimale Verbrennungsverhältnisse hinsichtlich Flammenstabilität, Heissgastemperatur und Dissoziationsgrad, z. B. bzgl. der Bildung von CO, zu gewährleisten.

[0011] Ein weiterer Vorteil der einstellbaren Anteile der Kunstluft bezüglich O_2 -, CO_2 - und H_2O - ist, dass der CO-Gehalt und der Anteil unverbrannter Kohlenwasserstoffe (UHC) bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten.

[0012] Die Einstellung der Kunstluft erfolgt über Regelorgane und Regler, wobei die Regelung in Abhängigkeit des Brennstoffmassenstromes und/oder einer oder mehrerer charakteristischer Grössen des Heissgases erfolgt.

[0013] Es ist weiter von Vorteil, eine möglichst stabile Verbrennung einzustellen, um die Schadstoffemission (CO) möglichst klein zu halten. Als Kriterium für eine stabile Verbrennung kann dazu z. B. die Vermeidung von Pulsationen bei der Verbrennung in der Brennkammer dienen.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0015] Im folgenden sei die Erfindung anhand der Zeichnung in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Alle für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht wesentlichen Merkmale sind fortgelassen.

sen worden. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen angegeben.

[0016] In [Fig. 1](#) ist eine Schaltung eines Gasturbinenprozesses mit geschlossenem Kreislauf wiedergegeben.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0017] Die einzige [Fig. 1](#) zeigt eine Gasturbine mit geschlossenem oder zumindest quasi-geschlossenem, d. h. zum grossen Teil geschlossenem Kreislauf. Diese Gasturbine bzw. Gasturbogruppe umfasst einen Verdichter **1**, einen mit diesem Verdichter **1** gekoppelten Generator **19**, eine mit dem Verdichter **1** gekoppelte Turbine **3** und eine zwischen Verdichter **1** und Turbine **3** wirkende Brennkammer **2**. Die Koppelung der Strömungsmaschinen **1** und **3** sowie des Generators **19** kann über eine gemeinsame Welle **20** erfolgen. Der Verdichter **1** kann auch mit einem nicht gezeigten Zwischenkühler oder mit Mitteln für eine isotherme Kühlung ausgestattet sein.

[0018] Der Kreislauf umfasst weiter einen Kühler und/oder Abwärmeverwerter **4**, einen Wasserabscheider **5** und eine CO₂-Entnahme **6**. Das über die CO₂-Entnahme **6** entnommene CO₂ kann z. B. über eine nicht dargestellte Auskondensierungsanlage auskondensiert und dann umweltschonend entsorgt werden. Im Verdichter **1** wird ein Kreislaufmedium **23**, grösstenteils bestehend aus CO₂, verdichtet und über ein Regelorgan **12** der Brennkammer **2** zugeführt. Über das Regelorgan **12** wird ein Teil des verdichteten Kreislaufmediums **23** mittels einer Leitung **7** abgezweigt. Dieser CO₂- bzw. CO₂/H₂O-haltige Zustrom wird zu einem Sauerstoffstrom **8** in einem Mischer **9** zugemischt, wobei der Sauerstoffstrom **8** über ein Regelorgan **15** einstellbar ist. Die im Mischer **9** erzeugte Kunstluft **17** wird der Brennkammer **2** zugeführt und dort mit einem über ein Regelorgan **13** zugeführten Brennstoffmassenstrom **14**, hier z. B. Erdgas oder Methan CH₄, in der Brennkammer **2** verbrannt. Das dadurch entstehende Heissgas **11**, im wesentlichen bestehend aus den Komponenten CO₂ und H₂O sowie ggf. mit dem Sauerstoff oder dem Brennstoff zugeführten Inertgasen, wird der Turbine **3** zugeführt und dort unter Abgabe von Arbeitsleistung entspannt. Über eine Leitung **16** wird der Turbinenaustrittsstrom dem Kühler und/oder Abwärmeverwerter **4** zugeführt und dort abgekühlt. Das durch die Abkühlung auskondensierte Wasser wird über den Wasserabscheider **5** abgeschieden. Das verbleibende Kreislaufmedium **23** aus mehrheitlich CO₂ wird dann wieder dem Verdichter **1** zugeführt.

[0019] Die Regelung des Brennstoffmassenstromes **14** und des Sauerstoffmassenstromes **8**, welcher mit dem Teilstrom **7** des Kreislaufmediums **23** zur Erzeugung der Kunstluft **17** dient, erfolgt über einen Regler **21**, welcher auf das Regelorgan **13** und damit auf

den Brennstoffmassenstrom **14** und auf das Regelorgan **15** und damit auf den Sauerstoffmassenstrom **8** einwirkt. Der Regler **21** benutzt dabei zur Regelung den zur Verbrennung gelangenden Brennstoffmassenstrom **14** und/oder mindestens einen die Temperatur und/oder die Zusammensetzung des Heissgases **11** charakterisierenden Messwert. Die Zugabe des Sauerstoffmassenstromes **8** zur Kunstluft **17** wird dabei so eingestellt, dass die Verbrennung in der Brennkammer **2** stöchiometrisch ($\lambda = 1$) oder leicht überstöchiometrisch ($\lambda > 1$) erfolgt.

[0020] Die optimale Mischung der Kunstluft **17** wird durch eine Analyse des Heissgases **11**, z. B. stromab der Gasturbine **3** in der Leitung **16** festgelegt. Dazu wird das Regelorgan **12** über einen Regler **22** geregelt und somit zur Mischung der optimalen Kunstluft **17** über das Regelorgan **12** der dazu benötigte Teil des Kreislaufmediums, d. h. der Zustrom von CO₂ bzw. CO₂/H₂O, abgezweigt. Ausser der Zusammensetzung des Heissgasstromes **11**, respektive des Turbinenaustrittsstromes **16** wird der CO₂- bzw. CO₂/H₂O Zustrom **7** zum Sauerstoffstrom **8** auch durch ein Temperaturbegrenzungssignal **18** der eigentlichen Flammentemperatur beeinflusst. Letztere darf einen konstruktionsbedingten Höchstwert nicht überschreiten.

[0021] Der zum grossen Teil geschlossene CO₂-Gasturbinenkreislauf gemäss [Fig. 1](#) weist somit innere Verbrennung eines Kohlenwasserstoffes, z. B. eines Erdgases mit der Hauptkomponente CH₄, in einer aus O₂, CO₂ und ggf. H₂O aufbereiteten „Kunstluft“ auf. Die durch die Verbrennung entstehenden Komponenten CO₂ und H₂O, sowie ggf. mit dem Sauerstoff oder dem Erdgas eingeführte Inertgase werden laufend entfernt, so dass ein Kreislauf **23** mit weitgehend konstanter Zusammensetzung des Arbeitsmediums aufrechterhalten bleibt.

[0022] Der Massenstrom der Kunstluft **17** und ihre O₂-, CO₂- und H₂O-Anteile werden so eingestellt, dass der CO-Gehalt und der Anteil unverbrannter Kohlenwasserstoffe (UHC) bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten.

[0023] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

[0024] So können auch mehrere Kunstluftströme mit unterschiedlichen Sauerstoffgehalten erzeugt werden, die dann in der Brennkammer zusammengeführt werden.

[0025] Das Kreislaufmedium kann auch durch Wärmeabfuhr verflüssigt werden, wobei dann an Stelle des Verdichters eine Pumpe verwendet wird.

Bezugszeichenliste

1	Verdichter
2	Brennkammer
3	Gasturbine
4	Kühler und/oder Abwärmeverwerter
5	Wasserabscheider
6	CO ₂ -Entnahme
7	CO ₂ bzw. CO ₂ /H ₂ O Zustrom
8	Sauerstoffstrom
9	Mischer
11	Heissgas
12	Regelorgan
13	Regelorgan
14	Brennstoffmassenstrom
15	Regelorgan
16	Leitung; Turbinenaustrittsstrom
17	Kunstluft
18	Temperaturbegrenzungssignal
19	Generator
20	Gemeinsame Welle
21	Regler
22	Regler
23	Kreislauf, Kreislaufmedium

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage mit einem geschlossenen oder quasi-geschlossenen Kreislauf, wobei die Kraftwerksanlage im wesentlichen aus mindestens einer Verdichtereinheit (1) oder einer Pumpe, mindestens einer Brennkammer (2), mindestens einer Gasturbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4) besteht und wobei in der Brennkammer (2) ein Brennstoffmassenstrom (14) mit mindestens einem Sauerstoffstrom (8) unter Bildung eines Heissgases (11) reagiert, welches Heissgas (11) in der mindestens einen Turbine (3) arbeitsleistend entspannt und nach Austritt aus der Gasturbine (3) in einem Abwärmeverwerter (4) abgekühlt wird und in einem Kreislauf (23) in die Verdichtereinheit (1) zurückgeführt, verdichtet und zusammen mit dem Brennstoffmassenstrom (14) und dem Sauerstoffstrom (8) in die Brennkammer (2) eingeführt wird, wobei überschüssige Verbrennungsprodukte (CO₂, H₂O) an einer geeigneten Stelle (5, 6) aus dem Kreislauf (23) entnommen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Eintritt in die Brennkammer (2) ein Teilstrom (7) des Kreislaufmediums aus dem Kreislauf (23) abgezweigt und dem Sauerstoffstrom (8) zur Erzeugung eines Gemischs aus Sauerstoff (O₂), Kohlendioxid (CO₂) und gegebenenfalls Wasser (H₂O), nachfolgend als Kunstluft bezeichnet, beigemischt wird, und diese Kunstluft der Brennkammer (2) zugeführt wird.

2. Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom der Kunstluft (17) und ihr Sauerstoff-

Anteil (8) nach dem zur Verbrennung gelangenden Brennstoffmassenstrom (14) geregelt werden.

3. Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenstrom der Kunstluft (17) und ihr Sauerstoff-Anteil (8) nach der zulässigen Temperatur des Heissgases (11) und/oder einer anderen charakteristischen Grösse des Heissgases (11) geregelt werden.

4. Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoff-Anteil (8) der Kunstluft (17) so eingestellt wird, dass sich eine stöchiometrische oder eine überstöchiometrische Verbrennung ergibt.

5. Verfahren zum Betrieb einer Kraftwerksanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Kriterium für eine stabile Verbrennung die Vermeidung von Pulsationen in der Brennkammer (2) verwendet wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

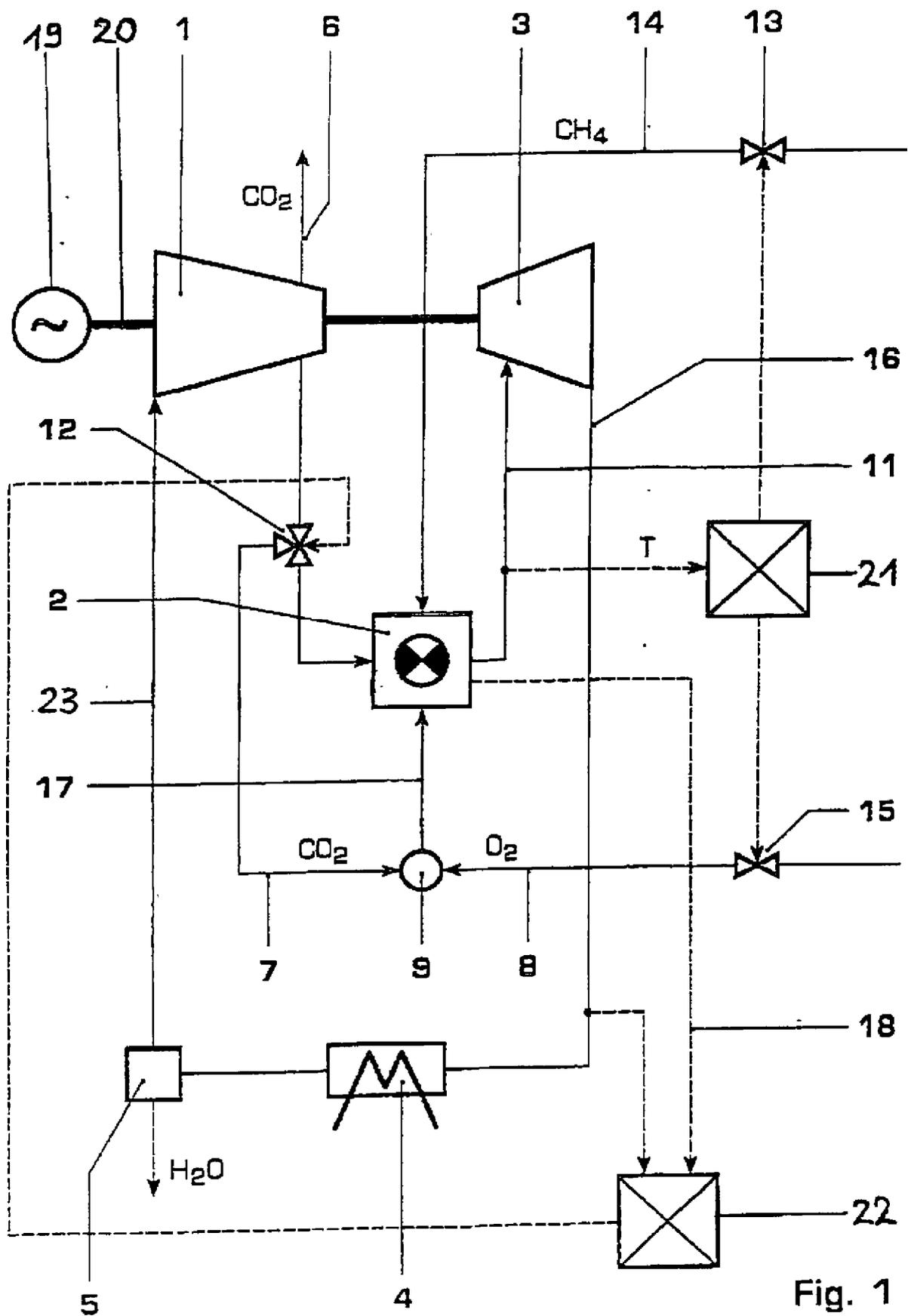


Fig. 1