

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-137984
(P2014-137984A)

(43) 公開日 平成26年7月28日(2014.7.28)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード(参考) |
|----------------------|--------------|------------|
| HO1M 8/04 (2006.01) | HO1M 8/04 J | 3G081 |
| HO1M 8/12 (2006.01) | HO1M 8/12 | 5H026 |
| FO1K 23/06 (2006.01) | HO1M 8/04 N | 5H027 |
| FO2G 5/02 (2006.01) | FO1K 23/06 Z | |
| FO2C 6/18 (2006.01) | FO2G 5/02 B | |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-7870 (P2013-7870)
(22) 出願日 平成25年1月18日 (2013.1.18)

(出願人による申告)平成24年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、固体酸化物形燃料電池を用いた事業用発電システム要素技術開発の研究開発共同研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000006208
三菱重工工業株式会社
東京都港区港南二丁目16番5号
(74) 代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
(74) 代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
(74) 代理人 100149548
弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

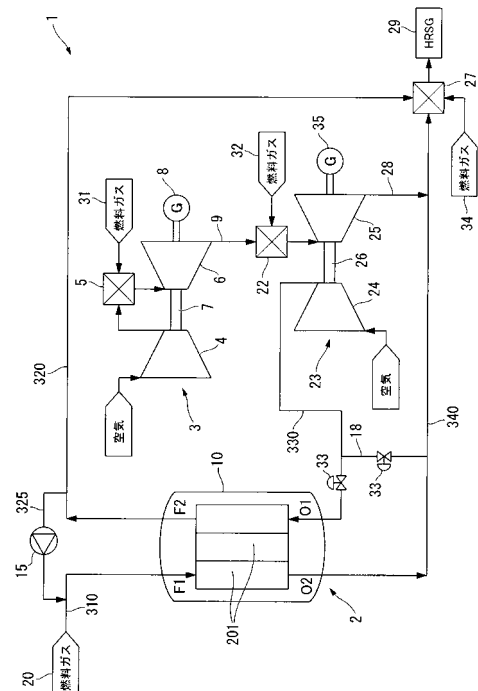
(54) 【発明の名称】 発電システム

(57) 【要約】

【課題】燃料電池とガスタービンを連携した発電システムにおいて、ガスタービン側の内圧変動を燃料電池側と与えず、燃料電池に供給される空気の圧力変化を抑制する。

【解決手段】ガスタービン3の燃焼器5の上流に設置され、燃料ガスF1と酸化剤ガスO1とで発電を行う燃料電池2と、負荷に接続されているガスタービン3と、ガスタービン3からの排ガスで駆動して、燃料電池2に酸化剤ガスO1を供給する排気タービン23と、を備える発電システム1を提供する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料ガスと酸化剤ガスとで発電を行う燃料電池と、
負荷に接続されているガスタービンと、
前記ガスタービンからの排ガスで駆動して、前記燃料電池に酸化剤ガスを供給する排気タービンと、を備えることを特徴とする発電システム。

【請求項 2】

前記ガスタービンのタービンから排出される前記排ガスを放出する排ガスラインと、
前記排ガスラインを介して前記排ガスが供給される排ガス燃焼器と、を備え、
前記排気タービンは、前記排ガス燃焼器で生成される高温燃焼ガスで駆動されることを
特徴とする請求項 1 に記載の発電システム。 10

【請求項 3】

前記燃料電池から排出される排燃料ガスが導入される排燃料ラインと、
前記燃料電池から排出される排酸化剤ガスが導入される排酸化剤ガスラインと、
前記排燃料ラインを介して前記排燃料ガスが供給されるとともに、前記排酸化剤ガスラ
インを介して前記排酸化剤ガスが供給される排燃料燃焼器を備えることを特徴とする請求
項 2 に記載の発電システム。

【請求項 4】

前記排ガスラインと、前記排酸化剤ガスラインとを接続するバイパスラインと、
前記バイパスラインを流れる排ガスの流量を調整する排ガス流量調整手段と、を備える
ことを特徴とする請求項 3 に記載の発電システム。 20

【請求項 5】

前記排燃料ラインと、前記排ガス燃焼器とを接続する分岐排燃料ラインと、
前記分岐排燃料ラインを流れる排燃料ガスの流量を調整する排燃料流量調整手段と、を
備えることを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の発電システム。

【請求項 6】

前記排気タービンに接続された発電機を備え、
前記発電機を前記排気タービンの駆動用のモータとして使用することを特徴とする請求
項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の発電システム。

【発明の詳細な説明】 30**【技術分野】****【0001】**

本発明は、発電システムに係り、特に燃料電池とガスタービンを連携した発電システム
に関する。

【背景技術】**【0002】**

燃料電池は、低公害で発電効率が高いため、近年、各種分野での利用が期待されている。
燃料電池を用いた高効率発電システムとしては、燃料電池とガスタービンとを連携した
コンバインド発電システムが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】 40

上記コンバインド発電システムにおいては、燃料電池はガスタービンの燃焼器の上流に
設置され、燃料電池から排出される燃料（残燃料）を含む排燃料ガスをガスタービンの燃
焼器に導入している。即ち、燃料電池とガスタービンの燃焼器とが配管にて接続されてい
る。これにより全ての燃料を発電用に利用することができる。

一方、空気（酸化剤ガス）は、空気圧縮機で昇圧されて燃料電池に供給されると共に発
電に利用され、燃料電池との熱交換により加熱された空気が燃焼空気としてガスタービン
の燃焼器に導入される。ガスタービンでは高温高压の燃焼排ガスがタービンを駆動する
ことで電力に変換されるので、システム全体では高い発電効率を得られる。

【先行技術文献】**【特許文献】** 50

【0004】

【特許文献1】特開2010-146934号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述したように、燃料電池とガスタービンを用いるコンバインド発電システムでは、ガスタービンの空気圧縮機から吐出される空気の一部が燃料電池に供給され、燃料電池の排燃料/排空気をガスタービンの燃焼器に戻して燃焼させる系統となっている。

即ち、ガスタービンの運転圧力は、ガスタービンに接続された発電機などの負荷変化に応じて変動するため、この変動に伴い、以下のような問題が発生する。

10

【0006】

まず、ガスタービンの負荷変動に伴う圧力変化（燃焼器出口圧力）に対し、燃料電池側の圧力変化も追従させる必要が生じる。即ち、ガスタービンの燃焼器出口の圧力が変動することによって、燃料電池側の圧力も変動することになり、燃料電池の空気極と燃料極間で行っている圧力制御に影響が及んでしまう。

【0007】

また、燃料電池側の圧力追従性が、ガスタービンの負荷変化に制限を与える可能性がある。即ち、燃料電池側の圧力制御に遅れが生じると、ガスタービンの負荷変化の速度も遅くなってしまう可能性がある。

【0008】

燃料電池を構成する圧力容器の内容積は、ガスタービンの内容積に対して大きいため、ガスタービンの圧力変化時には、ガスタービンの燃焼器へ流入する空気の流量変化が発生し、ガスタービンの運転に支障をきたす可能性がある。即ち、ガスタービンの圧力上昇時には、ガスタービンの圧縮機から吐出された空気は、燃料電池の圧力容器の加圧に費やされ、燃焼器側への流入量が低下してしまう可能性がある。

20

【0009】

この発明は、このような事情を考慮してなされたもので、その目的は、燃料電池とガスタービンとを使用する発電システムにおいて、ガスタービン側の内圧変動を燃料電池側に与えず、燃料電池に供給される空気の圧力変化を抑制する発電システムを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するために、この発明は以下の手段を提供している。

即ち、本発明の発電システムは、燃料ガスと酸化剤ガスとで発電を行う燃料電池と、負荷に接続されているガスタービンと、前記ガスタービンからの排ガスで駆動して、前記燃料電池に酸化剤ガスを供給する排気タービンと、を備えることを特徴とする。

【0011】

上記構成によれば、燃料電池に排気タービンの動力によって酸化剤ガスが供給されるため、ガスタービン側の内圧変動を燃料電池側に与えず、燃料電池に供給される酸化剤ガスの圧力変化を抑制することができる。

40

【0012】

上記発電システムにおいて、前記ガスタービンのタービンから排出される前記排ガスを放出する排ガスラインと、前記排ガスラインを介して前記排ガスが供給される排ガス燃焼器と、を備え、前記排気タービンは、前記排ガス燃焼器で生成される高温燃焼ガスで駆動されることが好ましい。

【0013】

上記構成によれば、排気タービンに導入されるエネルギーが排ガス燃焼器によって増強されるため、排気タービンの動力を向上させることができる。

【0014】

上記発電システムにおいて、前記燃料電池から排出される排燃料ガスが導入される排燃

50

料ラインと、前記燃料電池から排出される排酸化剤ガスが導入される排酸化剤ガスラインと、前記排燃料ラインを介して前記排燃料ガスが供給されるとともに、前記排酸化剤ガスラインを介して前記排酸化剤ガスが供給される排燃料燃焼器を備えることが好ましい。

【0015】

上記構成によれば、燃料電池から排出される排燃料ガスが排燃料燃焼器にて燃焼され、排燃料燃焼器の下流側に設置された例えば排熱回収ボイラで熱回収されるため、発電システムの効率を向上させることができる。

【0016】

上記発電システムにおいて、前記排ガスラインと、前記排酸化剤ガスラインとを接続するバイパスラインと、前記バイパスラインを流れる排ガスの流量を調整する排ガス流量調整手段と、を備えることが好ましい。

10

【0017】

上記構成によれば、ガスタービンの運転状態によらず、排気タービンへ供給される排ガスの量を一定にすることで、排気タービンの運転状態を一定とすることができる。例えば、ガスタービンから排出される排ガスが多量であった場合、バイパスラインを介して排ガスを排酸化剤ガスラインに導入させることができ、ガスタービンの運転状態が燃料電池へ及ぼす影響を小さくすることができる。

【0018】

上記発電システムにおいて、前記排燃料ラインと、前記排ガス燃焼器とを接続する分岐排燃料ラインと、前記分岐排燃料ラインを流れる排燃料ガスの流量を調整する排燃料流量調整手段と、を備えることが好ましい。

20

【0019】

上記構成によれば、排気タービンに供給される高温燃焼ガスを生成する排ガス燃焼器に燃料電池の排燃料ガスが使用できるため、発電システムの効率をさらに向上させることができる。

【0020】

上記発電システムにおいて、前記排気タービンに接続された発電機を備え、前記発電機を前記排気タービンの駆動用のモータとして使用することが好ましい。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、燃料電池とガスタービンとを使用する発電システムにおいて、ガスタービン側の内圧変動を燃料電池側に与えず、燃料電池に供給される空気の圧力変化を抑制することができる。また、燃料電池の運転圧力をガスタービンよりも低くすることができるので、耐圧性能を緩和し、信頼性が高く、低コストの燃料電池システムを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の第一実施形態に係る発電システムの系統図である。

【図2】本発明の第一実施形態に係る燃料電池モジュールの概略構成を示す模式図である。

40

【図3】本発明の第一実施形態に係るセルスタックの要部断面図である。

【図4】本発明の第一実施形態に係るカートリッジの断面図である。

【図5】本発明の第一実施形態に係るカートリッジの斜視図である。

【図6】本発明の第二実施形態に係る発電システムの系統図である。

【図7】本発明の第三実施形態に係る発電システムの系統図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

(第一実施形態)

以下、本発明の第一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1に示すように、本実施形態の発電システム1は燃料電池モジュール2と、ガスター

50

ピン3とを組み合わせた発電システムである。

ガスタービン3は、外気を吸入して圧縮する空気圧縮機4と、空気圧縮機4の下流側に設けられた燃焼器5と、燃焼器5の下流側に設けられたタービン6とを主な構成要素として有している。さらに、ガスタービン3には、発電機8が接続されている。また、燃焼器5には、第二燃料供給部31より燃料ガスが供給されるようになっている。

【0024】

燃焼器5は、空気圧縮機4で圧縮された空気に燃料ガスを噴射して、高温燃焼ガスを生成する。タービン6は、燃焼器5により生成された高温燃焼ガスの供給を受けて回転駆動力を発生させ、圧縮機4を回転駆動させるとともに、発電機8を駆動する。タービン6には、タービン6を回転駆動した後の高温燃焼ガス、即ち、排ガスが導入される排ガス配管9（排ガスライン）が設けられている。

10

排ガス配管9の下流側には、排ガス燃焼器22が配置されている。排ガス燃焼器22は、第三燃料供給部32より燃料ガスが供給されるようになっている。

【0025】

排ガス燃焼器22の下流側には、排気タービン23が設けられている。排気タービン23は、ガスタービン3からの排ガスをエネルギーとして駆動されるものであり、外気を吸入して圧縮する圧縮機24とタービン25とを有している。排ガス燃焼器22にて生成される高温燃焼ガスは、排気タービン23のタービン25に導入される。タービン25は、排ガス燃焼器22により生成された高温燃焼ガスの供給を受けて回転駆動力を発生させ、圧縮機24を回転駆動させる。

20

排気タービン23には発電機35を接続してもよい。また、接続した発電機35は排気タービン23の駆動用のモータとして使用してもよい。このような構成とすることによって、ガスタービン3からの排気が得られない期間において、燃料電池モジュール2に送風を行うことができる。

【0026】

燃料電池モジュール2は圧力容器10と圧力容器10の内部に収納された複数のカートリッジ201とを有している。

カートリッジ201は、燃料ガスF1及び酸化剤ガスO1の供給を受けて発電を行うものであって、燃料電池モジュール2に少なくとも一つ設けられている。

燃料電池モジュール2のカートリッジ201には、排気タービン23の圧縮機24から酸化剤ガスO1を供給する酸化剤ガス配管330と、燃料供給部20から燃料ガスF1を供給する燃料配管310が接続されている。

30

【0027】

燃料ガスF1としては、例えば、水素、一酸化炭素、メタン等の炭化水素系ガス、石炭等の炭素質原料のガス化により得られたガス、又は、これらの2以上の成分を含むガス等が利用される。また、酸化剤ガスO1としては、例えば、酸素を15～30vol%含むガス等が利用される。代表的な酸化剤ガスO1としては、空気であるが、排燃焼ガスと空気との混合ガスや、酸素と空気との混合ガスを利用してもよい。

【0028】

発電システム1には、カートリッジ201における発電に用いられた後の排酸化剤ガスO2が導入される排酸化剤ガス配管340（排酸化剤ガスライン）と、カートリッジ201から排出される燃料ガス（排燃料ガスF2）が導入される排燃料配管320（排燃料ライン）とが設けられている。ここで、排燃料ガスF2とは、発電に用いられた燃料ガスと、発電に用いられなかった燃料ガスとを含むものである。

40

【0029】

また、発電システム1には、排酸化剤ガスO2と排燃料ガスF2とが供給される排燃料燃焼器27を備えている。即ち、カートリッジ201における発電に用いられた後の排酸化剤ガスO2は、排酸化剤ガス配管340を介して排燃料燃焼器27に供給され、カートリッジ201から排出される排燃料ガスF2は、排燃料配管320を介して排燃料燃焼器27に供給される。さらに、排燃料燃焼器27には、第四燃料供給部34より燃料ガスが

50

供給されるようになっている。

【0030】

また、排気タービン23から排ガスを排出する、ターボ排ガス配管28は、排酸化剤ガス配管340に接続され、排燃料燃焼器27に供給される。排燃料燃焼器27にて生成される高温燃焼ガスは、排熱回収ボイラ29(HRSG)に供給される。図示しないが、排熱回収ボイラ29の下流側には、排熱回収ボイラ29で発生した蒸気により作動する蒸気タービン、蒸気タービンの排気を復水する復水器、復水器からの復水を排熱回収ボイラに給水する給水手段などを接続することができる。

【0031】

排燃料配管320には、排燃料ガスF2の一部を燃料配管310に戻して、燃料電池モジュール2に再循環させる燃料再循環配管325が接続されている。即ち、燃料再循環配管325の一方の端部は排燃料配管320に接続され、他方の端部は燃料配管310に接続されている。燃料再循環配管325には、燃料再循環配管325を流れる排燃料ガスF2を加圧する燃料再循環プロア15が設けられている。

10

【0032】

また、酸化剤ガス配管330からは、酸化剤ガスO1を排酸化剤ガス配管340へ分岐する空気分岐配管18が設けられている。空気分岐配管18は、発電システム1の起動時において、排気タービン23から供給される酸化剤ガスO1をカートリッジ201ではなく排燃料燃焼器27に直接バイパスさせるための配管である。酸化剤ガスO1の切り替えは、酸化剤ガス配管330及び空気分岐配管18に設けられた流量調整弁33によって行われる。

20

【0033】

次に、燃料電池モジュール2の詳細構造について説明する。

図2に示すように、燃料電池モジュール2は、容器中心軸Avを中心として容器中心軸方向Dvに延びる円筒形状の圧力容器10と、この圧力容器10内に配置されている複数のカートリッジ201を有している。

【0034】

圧力容器10は、例えば、内部の圧力が0.1MPa~約3MPa、内部の温度が大気温度~約550で運用される。このため、この圧力容器10は、耐圧性を考慮して、円筒形状の胴部11と、胴部11の中心軸方向における両端部に形成されている半球状の鏡部12とを有している。この圧力容器10は、全体として円筒形状を成し、その容器中心軸Avが上下方向に延びるよう設置されている。

30

【0035】

カートリッジ201は、複数のセルスタックの束で構成されている。図3に示すように、セル集合体であるセルスタック101は、円筒形状(又は管形状)の基体管103と、基体管103の外周面に形成されている複数の燃料電池セル105と、隣り合う燃料電池セル105の間に形成されているインターコネクタ107とを有する。燃料電池セル105は、燃料極112と固体電解質111と空気極113とが積層して形成されている。セルスタック101は、さらに、基体管103の外周面に形成されている複数の燃料電池セル105のうちで、基体管103の軸方向において最も端に形成されている燃料電池セル105の空気極113に、インターコネクタ107を介して電氣的に接続されているリード膜115を有する。

40

【0036】

本実施形態では、この円筒形状(又は管形状)のセルスタック101の内周側に燃料ガスF1が通り、外周側に酸化剤ガスO1が通る。

【0037】

基体管103は、例えば、CaO安定化ZrO₂(CSZ)、Y₂O₃安定化ZrO₂(YSZ)、MgAl₂O₄等のいずれかで形成されている多孔質体である。この基体管103は、燃料電池セル105とインターコネクタ107とリード膜115とを支持する役目を担っている。さらに、この基体管103は、内周側に供給された燃料ガスF1を基

50

体管 103 の細孔を介して基体管 103 の外周面に形成される燃料電池セル 105 に拡散させる役目も担っている。

【0038】

燃料極 112 は、例えば、Ni / YSZ 等、Ni とジルコニア系電解質材料との複合材の酸化物で形成されている。この場合、燃料極 112 は、燃料極 112 の成分である Ni が燃料ガス F1 に対して触媒として作用する。この触媒としての作用は、基体管 103 を介して供給された燃料ガス F1 中に、例えば、メタン (CH₄) と水蒸気とが含まれている場合、これら相互を反応させ、水素 (H₂) と一酸化炭素 (CO) に改質する作用である。

【0039】

空気極 113 は、例えば、LaSrMnO₃ 系酸化物、又は LaCoO₃ 系酸化物で形成されている。この空気極 113 は、固体電解質 111 との界面付近において、供給される酸化剤ガス O1 中の酸素を解離させて酸素イオン (O²⁻) を生成する。

【0040】

固体電解質 111 は、例えば、主として YSZ で形成されている。この YSZ は、ガスを通しにくい気密性と、高温下での高い酸素イオン導電性とを有している。この固体電解質 111 は、空気極 113 で生成された酸素イオン (O²⁻) を燃料極 112 に移動させる。

【0041】

前述の燃料極 112 では、固体電解質 111 との界面付近において、改質により得られた水素 (H₂) 及び一酸化炭素 (CO) と、固体電解質 111 から供給された酸素イオン (O²⁻) とが反応し、水 (H₂O) 及び二酸化炭素 (CO₂) が生成される。この燃料電池セル 105 では、この反応過程で酸素イオンから電子が放出されて、発電が行われる。

【0042】

インターコネクタ 107 は、例えば、SrTiO₃ 系などの M_{1-x}L_xTiO₃ (M はアルカリ土類金属元素、L はランタノイド元素) で表される導電性ペロブスカイト型酸化物で形成されている。このインターコネクタ 107 は、燃料ガス F1 と酸化剤ガス O1 とが混合しないように緻密な膜で、酸化雰囲気と還元雰囲気との両雰囲気下で安定した電気導電性を有する。このインターコネクタ 107 は、隣り合う燃料電池セル 105 において、一方の燃料電池セル 105 の空気極 113 と他方の燃料電池セル 105 の燃料極 112 とを電氣的に接続する。つまり、このインターコネクタ 107 は、隣り合う燃料電池セル 105 同士を電氣的に直列接続する。

【0043】

リード膜 115 は、電子伝導性を有すること、及びセルスタック 101 を構成する他の材料との熱膨張係数が近いことが必要であることから、例えば、Ni / YSZ 等の Ni とジルコニア系電解質材料との複合材で形成されている。このリード膜 115 は、インターコネクタ 107 により電氣的に直列接続されている複数の燃料電池セル 105 で発電された直流電力をセルスタック 101 の端部付近まで導出する役目を担っている。

【0044】

カートリッジ 201 は、図 4 及び図 5 に示すように、複数のセルスタック 101 と、複数のセルスタック 101 の束の一方の端部を覆う第一カートリッジヘッド 220a と、複数のセルスタック 101 の束の他方の端部を覆う第二カートリッジヘッド 220b と、を有している。複数のセルスタック 101 は、互いに平行で且つその長手方向における互いの位置が揃って、全体として円柱形状を成している。また、第一カートリッジヘッド 220a 及び第二カートリッジヘッド 220b は、円柱形状を成している複数のセルスタック 101 の束の外径よりわずかに大きな外径の円筒形状を成している。このため、カートリッジ 201 は、全体として、セルスタック 101 の長手方向に長い円柱形状を成している。

【0045】

10

20

30

40

50

第一カートリッジヘッド 220 a 及び第二カートリッジヘッド 220 b は、いずれも、複数のセルスタック 101 の束の端部が開口 228 から内部に入り込む円筒形状のケーシング 229 a , 229 b と、ケーシング 229 a , 229 b の開口 228 を塞ぐ断熱体 227 a , 227 b と、ケーシング 229 a , 229 b の内部空間をセルスタック 101 の長手方向で 2 つの空間に仕切る管板 225 a , 225 b と、を有している。管板 225 a , 225 b 等は、インコネル（ニッケル基合金に対するスペシャルメタルズ社の登録商標）等の高温耐久性のある金属材料で形成されている。管板 225 a , 225 b 及び断熱体 227 a , 227 b には、複数のセルスタック 101 の端部のそれぞれが挿通可能な貫通孔が形成されている。管板 225 a , 225 b は、その貫通孔に挿通されたセルスタック 101 の端部をシール部材又は接着剤 237 を介して支持する。このため、この管板 225 a , 225 b には貫通孔が形成されているものの、この管板 225 a , 225 b を基準にしてケーシング 229 a , 229 b 内の一方の空間に対する他方の空間の気密性が確保されている。断熱体 227 a , 227 b の貫通孔の内径は、ここに挿通されるセルスタック 101 の外径よりも大きく形成されている。つまり、断熱体 227 a , 227 b の貫通孔の内周面と、この貫通孔に挿通されたセルスタック 101 の外周面との間には隙間 235 a , 235 b が存在する。

10

20

30

40

50

【0046】

第一カートリッジヘッド 220 a のケーシング 229 a と管板 225 a とで形成されている空間は、燃料ガス F1 が供給される燃料ガス供給室 217 を形成している。このケーシング 229 a には、燃料配管 310 からの燃料ガス F1 を燃料ガス供給室 217 に導くための燃料ガス供給孔 231 a が形成されている。この燃料ガス供給室 217 内には、複数のセルスタック 101 における基体管 103 の端部が位置し、ここで開放している。燃料配管 310 から燃料ガス供給室 217 に導かれた燃料ガス F1 は、複数のセルスタック 101 の基体管 103 の内部に流れ込む。この際、燃料ガス F1 は、燃料ガス供給室 217 により、複数のセルスタック 101 の各基体管 103 に対してほぼ均等流量に配分される。このため、複数のセルスタック 101 における各発電量の均一化を図ることができる。

【0047】

第二カートリッジヘッド 220 b のケーシング 229 b と管板 225 b とで形成されている空間は、セルスタック 101 の基体管 103 内を通過した燃料ガス F1 が流れ込む燃料ガス排出室 219 を形成している。このケーシング 229 b には、燃料ガス排出室 219 に流れ込んだ排燃料ガス F2 を排燃料配管 320 に導くための燃料ガス排出孔 231 b が形成されている。この燃料ガス排出室 219 内には、複数のセルスタック 101 における基体管 103 の端部が位置し、ここで開放している。複数のセルスタック 101 の各基体管 103 内を通過した燃料ガス F1 は、前述したように、燃料ガス排出室 219 に流入した後、排燃料配管 320 を通って、圧力容器 10 外へ排出される。

【0048】

第二カートリッジヘッド 220 b のケーシング 229 b と断熱体 227 b と管板 225 b とで形成されている空間は、酸化剤ガス供給室 216 を形成している。このケーシング 229 b には、酸化剤ガス配管 330 からの酸化剤ガス O1 を酸化剤ガス供給室 216 に導くための酸化剤ガス供給孔 233 b が形成されている。この酸化剤ガス供給室 216 内に導かれた酸化剤ガス O1 は、断熱体 227 b の貫通孔の内周面と、この貫通孔に挿通されているセルスタック 101 の外周面との間の隙間 235 b から、第一カートリッジヘッド 220 a と第二カートリッジヘッド 220 b との間の発電室 215 へと流出する。

【0049】

第一カートリッジヘッド 220 a と第二カートリッジヘッド 220 b との間の発電室 215 には、複数のセルスタック 101 の燃料電池セル 105 が配置されている。このため、この発電室 215 では、燃料ガス F1 と酸化剤ガス O1 とが電気化学的反應して、発電が行われる。なお、この発電室 215 で、セルスタック 101 の長手方向における中央部付近の温度は、燃料電池モジュール 2 の定常運転時に、およそ 700 ~ 1100 の高

温雰囲気になる。また、この発電室 215 は、第一カートリッジヘッド 220 a と第二カートリッジヘッド 220 b との間であって、外周側が後述の内側断熱材 16 で囲まれた空間である。

【0050】

第一カートリッジヘッド 220 a のケーシング 229 a と断熱体 227 a と管板 225 a とで形成されている空間は、発電室 215 を通った排酸化剤ガス O₂ が流入する空気排出室 218 を形成している。このケーシング 229 a には、空気排出室 218 に流れ込んだ排酸化剤ガス O₂ を排酸化剤ガス配管 340 に導くための空気排出孔 233 a が形成されている。発電室 215 中の酸化剤ガス O₁ は、断熱体 227 a の貫通孔の内周面と、この貫通孔に挿通されているセルスタック 101 の外周面との間の隙間 235 a から空気排出室 218 内に流入した後、排酸化剤ガス配管 340 を通って、圧力容器 10 外へ排酸化剤ガス O₂ として排出される。

10

【0051】

発電室 215 の高温化に伴って、各カートリッジヘッド 220 a , 220 b の管板 225 a , 225 b が高温化する。第一カートリッジヘッド 220 a 及び第二カートリッジヘッド 220 b の断熱体 227 a , 227 b は、この管板 225 a , 225 b が高温化による強度低下や酸化剤ガス O₁ 中に含まれている酸化剤による腐食を抑える。さらに、この断熱体 227 a , 227 b は、管板 225 a , 225 b の熱変形も抑える。

【0052】

前述したように、発電室 215 中の酸化剤ガス O₁ と、この発電室 215 に配置されている複数のセルスタック 101 の内側を通る燃料ガス F₁ とは、セルスタック 101 における複数の燃料電池セル 105 で電気化学反応する。この結果、複数の燃料電池セル 205 で発電が行われる。

20

【0053】

複数の燃料電池セル 205 での発電で得られた直流電流は、複数の燃料電池セル 205 相互間に設けられているインターコネクタ 107 を経て、セルスタック 101 の端部側へ流れ、このセルスタック 101 のリード膜 115 に流れ込む。そして、この直流電流は、リード膜 115 から、集電板（不図示）を介して、カートリッジ 201 の集電棒（不図示）に流れ、カートリッジ 201 外部へ取り出される。複数の集電棒は、互いに直列及び/又は並列接続されている。集電棒のうち、最も下流側の集電棒は、例えば、図示されていないインバータに接続されている。カートリッジ 201 外部に取り出された直流電流は、直列及び/又は並列接続されている複数の集電棒を経て、例えば、インバータに流れ、ここで交流電流に変換されて、電力負荷へと供給される。

30

【0054】

セルスタック 101 の内周側を流れる燃料ガス F₁ とセルスタック 101 の外周側を流れる酸化剤ガス O₁ とは、このセルスタック 101 を介して熱交換する。この結果、燃料ガス F₁ は、酸化剤ガス O₁ により加熱され、酸化剤ガス O₁ は、逆に燃料ガス F₁ により冷却される。本実施形態では、これら燃料ガス F₁ と酸化剤ガス O₁ とがセルスタック 101 の内周側と外周側とを対向して流れる。このため、燃料ガス F₁ と酸化剤ガス O₁ との熱交換率が高まり、燃料ガス F₁ による酸化剤ガス O₁ の冷却効率、及び酸化剤ガス O₁ による燃料ガス F₁ の加熱効率が高まる。よって、本実施形態において、酸化剤ガス O₁ は、第一カートリッジヘッド 220 a を形成する管板 225 a 等が座屈変形等しない温度に冷却されてから、この第一カートリッジヘッド 220 a の酸化剤ガス排出室 218 に流れ込む。また、本実施形態において、燃料ガス F₁ は、発電室 215 内のセルスタック 101 内で、ヒーター等を用いることなく発電に適した温度に予熱昇温される。

40

【0055】

なお、本実施形態では、燃料ガス F₁ と酸化剤ガス O₁ とがセルスタック 101 の内周側と外周側とを対向して流れる、つまり燃料ガス F₁ と酸化剤ガス O₁ とが逆向きに流れるが、必ずしもこの必要はなく、例えば、燃料ガス F₁ と酸化剤ガス O₁ とがセルスタック 101 の内周側と外周側で同じ向きに流れてもよいし、酸化剤ガス O₁ が燃料ガス F₁

50

の流れに対して直交する方向に流れてもよい。

【0056】

円柱形状の複数のカートリッジ201は、図2に示すように、いずれも、カートリッジ中心軸Acが圧力容器10の容器中心軸Avと平行になるよう、圧力容器10内に配置されている。つまり、本実施形態では、カートリッジ中心軸Acは、容器中心軸Avと同様、上下方向に延びている。

【0057】

なお、カートリッジ201の構成は上記したものに限らず、カートリッジを圧力容器の中心軸と直交する方向に延びるように配置してもよい。また、カートリッジは円柱形状に限らず、角柱形状としてもよい。

【0058】

次に、上記の構成からなる発電システム1の動作について説明する。

発電システム1が定常運転されている場合には、ガスタービン3の運転により、空気圧縮機4は外部より空気を吸入して圧縮する。圧縮された空気は燃焼器5に流入する。燃焼器5には、第二燃料供給部31より燃料ガスが供給されており、この燃料ガスが燃焼されることによって、高温燃焼ガスが生成される。高温燃焼ガスは、燃焼器5からタービン6に導入され、タービン6を回転駆動させる。タービン6は、導入された高温燃焼ガスの供給を受けて回転駆動力を発生させ、圧縮機4を回転駆動させる。回転駆動力は発電機8にも伝達され、発電が行われる。

【0059】

タービン6から排出される排ガスは、排ガス燃焼器22に導入され、排ガス燃焼器22では、第三燃料供給部32より供給される燃料ガスが燃焼され、高温燃焼ガスが生成される。高温燃焼ガスは、排気タービン23のタービン25に導入され、タービン25を回転駆動させ、圧縮機24を回転駆動させる。これにより、圧縮機24に供給された空気が圧縮される。圧縮された空気は、酸化剤ガス配管330を介して燃料電池モジュール2のカートリッジ201に供給される。即ち、カートリッジ201には、排気タービン23によって圧縮された空気が酸化剤ガスO1として供給される。

【0060】

一方、燃料供給部20より供給された燃料ガスF1は、燃料配管310を介して燃料電池モジュール2のカートリッジ201に供給される。カートリッジ201は、酸化剤ガスO1、及び燃料ガスF1を用いて発電を行う。発電に使用された排酸化剤ガスO2は、カートリッジ201から排酸化剤ガス配管340を介して排燃料燃焼器27に導入される。

一方、排燃料ガスF2は、排燃料配管320を介して排燃料燃焼器27に導入される。排燃料ガスF2の一部は、燃料再循環プロア15が駆動していることによって、燃料再循環配管325を介して燃料配管310に流入する。

排燃料燃焼器27では、第四燃料供給部34より供給される燃料ガスとともに排燃料ガスF2が燃焼され、高温燃焼ガスが生成される。高温燃焼ガスは、排燃料燃焼器27から排熱回収ボイラ29に導入され熱回収が行われる。

【0061】

上記実施形態によれば、燃料電池モジュール2のカートリッジ201に供給される酸化剤ガスO1が、排気タービン23を介して供給されるため、発電システム1の運転中にガスタービン3側の内圧変動が、燃料電池モジュール2側に影響しない。これにより、ガスタービン3側は、燃料電池モジュール2とは関係なく、コンバインド発電システムにおいても早い負荷追従性を確保することができる。

【0062】

また、ガスタービン3側の運転圧力によらず、燃料電池モジュール2側の運転圧力を設定することにより、燃料電池モジュール2の運転圧力を低く抑えることで、機器の耐圧を下げることができる。

なお、燃料電池モジュール2の運転圧力としては、数kPaから数100kPaの範囲であれば問題ない。運転圧力を下げることによって、配管の薄肉化、圧力容器不要、制御

10

20

30

40

50

機器の低級化、排気タービンの動力低減が可能である。

【0063】

さらに、ガスタービン3側の運転圧力によらず、燃料電池モジュール2の運転圧力を下げることにより、断熱設計の高度化を抑制することができる。また、燃料電池モジュール2の運転圧力の低下に伴い圧力容器10に内封されるガス量も低下されるため、燃料電池モジュールの負荷変化速度の向上を図ることができる。

【0064】

(第二実施形態)

以下、本発明の第二実施形態に係る発電システムを図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

10

【0065】

図6に示すように、本実施形態の発電システム1Bは、第一実施形態の発電システム1に加えて、タービン6の排ガス配管9に排ガス燃焼器22と排気タービン23のタービン25とをバイパスするバイパス配管50(バイパスライン)と、バイパス配管50を流れる排ガスの流量を調整する排ガス流量調整弁51(排ガス流量調整手段)とを設けたシステムである。即ち、バイパス配管50は、排ガス配管9と排燃料配管320とを接続する配管である。

【0066】

上記実施形態によれば、ガスタービン3の運転状態によらず、排気タービン23へ供給される排ガスの量を一定にすることで、排気タービン23の運転状態を一定とすることができる。例えば、ガスタービン3から排出される排ガスが多量であった場合、バイパス配管50を介して排ガスを排酸化剤ガス配管340に導入させることができ、ガスタービン3の運転状態が燃料電池へ及ぼす影響を小さくすることができる。

20

【0067】

なお、バイパス配管50を流れる排ガスの流量を調整する手段としては、バイパス配管50を開閉するダンパを採用することもできる。

【0068】

(第三実施形態)

以下、本発明の第三実施形態に係るコンバインド発電システムを図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

30

【0069】

図7に示すように、本実施形態の発電システム1Cは、第二実施形態の発電システム1Bに加えて、排燃料配管320と、排ガス燃焼器22とを接続する分岐排燃料配管52(分岐排燃料ライン)と、分岐排燃料配管52を流れる排燃料ガスの流量を調整する排燃料流量調整弁53(排燃料流量調整手段)とを設けたシステムである。

【0070】

上記実施形態によれば、排気タービン23に供給される高温燃焼ガスを生成する排ガス燃焼器22に燃料電池モジュール2の排燃料ガスF2が使用できるため、発電システムの効率をさらに向上させることができる。

40

【0071】

なお、本発明の技術範囲は上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の変更を加えることが可能である。

例えば、上記各実施形態では、燃焼器5、排ガス燃焼器22、及び排燃料燃焼器27にそれぞれ独立した燃料供給部を設ける構成としたが、上記各々の燃焼器と燃料供給部20とを配管を介して接続し、燃料ガスを燃料供給部20から供給する構成としてもよい。

【符号の説明】

【0072】

1 発電システム

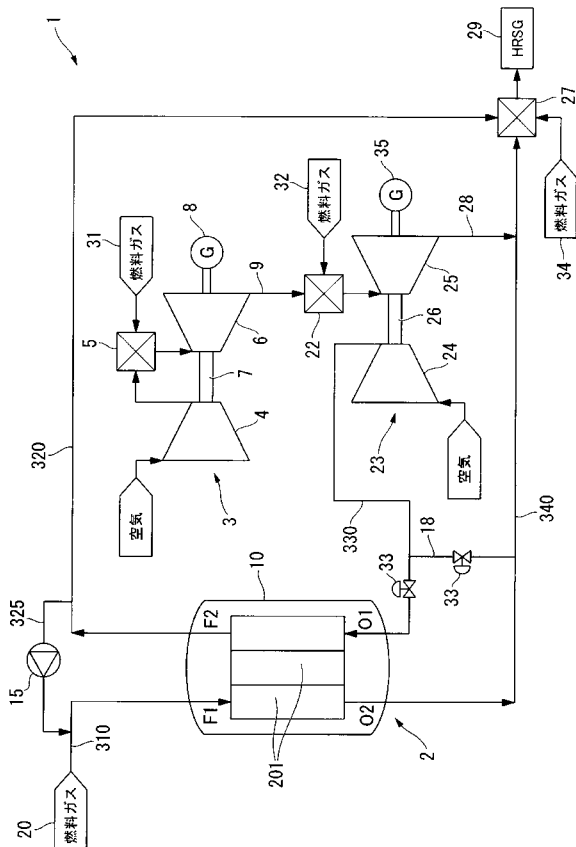
50

- 2 燃料電池モジュール (燃料電池)
- 3 ガスタービン
- 4 空気圧縮機
- 5 燃焼器
- 6 タービン
- 8 発電機 (負荷)
- 9 排ガス配管 (排ガスライン)
- 2 2 排ガス燃焼器
- 2 3 排気タービン
- 2 7 排燃料燃焼器
- 3 5 発電機
- 5 0 バイパス配管 (バイパスライン)
- 5 1 排ガス流量調整弁 (排ガス流量調整手段)
- 5 2 分岐排燃料配管 (分岐排燃料ライン)
- 5 3 排燃料流量調整弁 (排燃料流量調整手段)
- 3 1 0 燃料配管 (燃料ライン)
- 3 2 0 排燃料配管 (排燃料ライン)
- 3 3 0 酸化剤ガス配管 (酸化剤ガスライン)
- 3 4 0 排酸化剤ガス配管 (排酸化剤ガスライン)
- F 1 燃料ガス
- F 2 排燃料ガス
- O 1 酸化剤ガス
- O 2 排酸化剤ガス

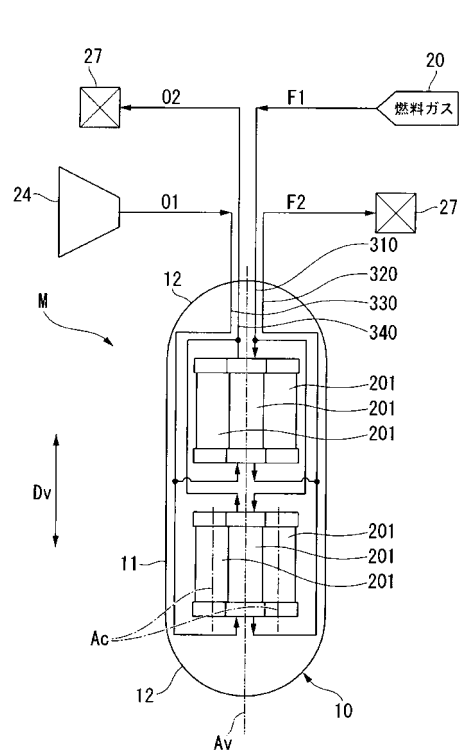
10

20

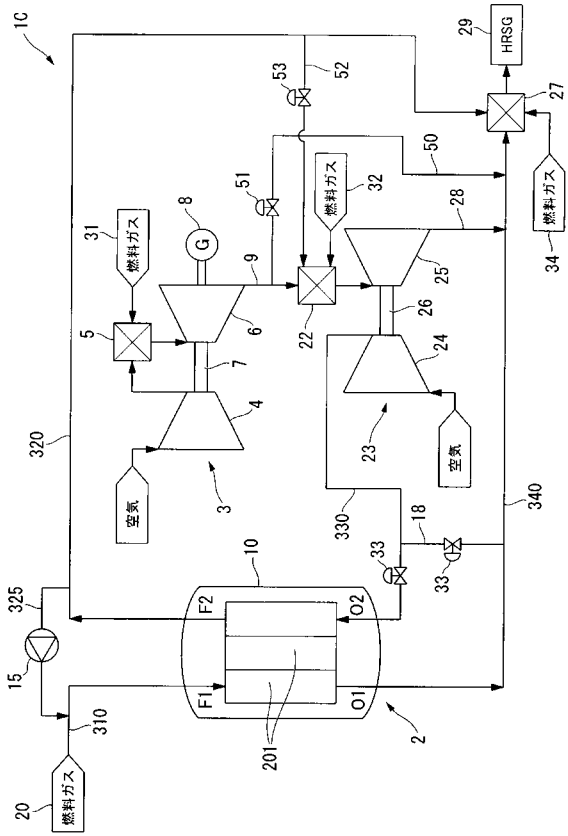
【図 1】



【図 2】



【図7】



フロントページの続き

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード(参考) |
|-------------------------------------|---------------|------------|
| <i>F 0 1 K 23/02 (2006.01)</i> | F 0 2 C 6/18 | Z |
| <i>F 0 2 C 6/00 (2006.01)</i> | F 0 1 K 23/02 | Z |
| | F 0 2 C 6/00 | E |
| | | |
| (72)発明者 椋本 陽喜 | | |
| 東京都港区港南二丁目1番5号 | 三菱重工業株式会社内 | |
| (72)発明者 眞竹 徳久 | | |
| 東京都港区港南二丁目1番5号 | 三菱重工業株式会社内 | |
| (72)発明者 桐木平 勝仁 | | |
| 東京都港区港南二丁目1番5号 | 三菱重工業株式会社内 | |
| (72)発明者 森 龍太郎 | | |
| 東京都港区港南二丁目1番5号 | 三菱重工業株式会社内 | |
| (72)発明者 大澤 弘行 | | |
| 東京都港区港南二丁目1番5号 | 三菱重工業株式会社内 | |
| Fターム(参考) 3G081 BA11 BA20 BB10 | | |
| 5H026 AA06 | | |
| 5H027 AA06 BC11 BC12 DD02 MM03 MM08 | | |