

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5446184号
(P5446184)

(45) 発行日 平成26年3月19日 (2014. 3. 19)

(24) 登録日 平成26年1月10日 (2014. 1. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 8/04 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 Y

H O 1 M 8/06 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 P

H O 1 M 8/12 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 J

H O 1 M 8/04 A

H O 1 M 8/06 G

請求項の数 7 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-234422 (P2008-234422)
 (22) 出願日 平成20年9月12日 (2008. 9. 12)
 (65) 公開番号 特開2010-67539 (P2010-67539A)
 (43) 公開日 平成22年3月25日 (2010. 3. 25)
 審査請求日 平成23年3月23日 (2011. 3. 23)

(73) 特許権者 000001443
 カシオ計算機株式会社
 東京都渋谷区本町 1 丁目 6 番 2 号
 (74) 代理人 110001254
 特許業務法人光陽国際特許事務所
 (74) 代理人 100090033
 弁理士 荒船 博司
 (74) 代理人 100093045
 弁理士 荒船 良男
 (72) 発明者 笹川 哲也
 東京都青梅市藤橋 3 丁目 3 番地の 2 カシ
 オ計算機株式会社 青梅事業所 第二工場
 内
 審査官 八木 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電システム及び発電システムの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空気極に供給された酸化剤ガスと燃料極に供給された燃料との反応により電力を生成する発電セルと、

前記発電セルに前記燃料を供給する燃料流路と、

前記発電セルに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路と、

前記発電セルで発生したオフガスを排出するオフガス流路と、

前記燃料流路に水蒸気が流入することを許容又は停止する水蒸気供給制御手段と、

前記酸化剤ガス流路に酸化剤ガスが流入することを許容又は停止する酸化剤ガス供給制御手段と、

前記オフガス流路から前記オフガスが流出することを許容又は停止するオフガス排出制御手段と、

前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも 1 つの内圧を検出する圧力検出手段と、

前記発電セルの運転停止時に、前記酸化剤ガス供給制御手段及び前記オフガス排出制御手段の全てを停止状態としてから、前記水蒸気供給制御手段を許容状態として、前記圧力検出手段の検出結果が所定圧力を超えるように前記発電セル内に水蒸気を流入させる制御装置と、

前記発電セルの温度を検出する温度検出手段と、を備え、

前記圧力検出手段は、前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前

記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも１つの部位の内圧との相関関係に基づいて、当該少なくとも１つの部位の内圧を検出することを特徴とする発電システム。

【請求項２】

空気極に供給された酸化剤ガスと燃料極に供給された燃料との反応により電力を生成する発電セルと、

前記発電セルに前記燃料を供給する燃料流路と、

前記発電セルに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路と、

前記発電セルで発生したオフガスを排出するオフガス流路と、

前記燃料流路に水蒸気が流入することを許容又は停止する水蒸気供給制御手段と、

前記酸化剤ガス流路に酸化剤ガスが流入することを許容又は停止する酸化剤ガス供給制御手段と、

前記オフガス流路から前記オフガスが流出することを許容又は停止するオフガス排出制御手段と、

前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも１つの内圧を検出する圧力検出手段と、

前記発電セルの温度を検出する温度検出手段と、を備える発電システムの制御装置であって、

前記発電セルの運転停止時に、前記酸化剤ガス供給制御手段及び前記オフガス排出制御手段の全てを停止状態とする遮断ステップと、

前記遮断ステップの後に、前記水蒸気供給制御手段を許容状態として、前記圧力検出手段の検出結果が所定圧力を超えるように前記発電セル内に水蒸気を流入させる水蒸気供給ステップと、

前記水蒸気供給ステップの前に、前記温度検出手段の検出結果に基づいて、前記水蒸気供給制御手段によって前記発電セルに供給される水蒸気量を決定する水蒸気量決定ステップと、を実行し、

前記圧力検出手段は、前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも１つの部位の内圧との相関関係に基づいて、当該少なくとも１つの部位の内圧を検出することを特徴とする発電システムの制御装置。

【請求項３】

請求項２に記載の発電システムの制御装置において、

前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも１つの内圧と外圧の差圧と、の相関関係に基づいて、当該少なくとも１つの部位の内圧と外圧の差圧を検出することを特徴とする発電システムの制御装置。

【請求項４】

請求項２又は３に記載の発電システムの制御装置において、

前記温度検出手段の検出結果が、前記燃料極の酸化温度未満である場合には、前記水蒸気供給制御手段を停止状態とする水蒸気停止ステップを、前記水蒸気供給ステップの前に実行することを特徴とする発電システムの制御装置。

【請求項５】

請求項２～４のいずれか一項に記載の発電システムの制御装置において、

前記発電システムは、

前記オフガスを燃焼する燃焼器と、

前記水蒸気を生成する気化器と、を更に備え、

前記気化器は、前記燃焼器で生じた熱量により前記水蒸気を生成することを特徴とする発電システムの制御装置。

【請求項６】

請求項２～４のいずれか一項に記載の発電システムの制御装置において、

前記発電システムは、
前記発電セルで生成した水を回収する水回収装置と、
前記水蒸気を生成する気化器と、を更に備え、
前記気化器は、前記水回収装置により回収された水により水蒸気を生成することを特徴とする発電システムの制御装置。

【請求項 7】

請求項 2 ～ 6 のいずれか一項に記載の発電システムの制御装置において、
前記発電セルは、固体酸化物型燃料電池又は熔融炭酸塩型燃料電池であることを特徴とする発電システムの制御装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、発電システム及び発電システムの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

空気極に供給された酸化剤ガスと、燃料極に供給された燃料との反応により電力を生成する発電セルを備えた発電システムにおいては、空気極に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路と、燃料極に燃料を供給する燃料流路と、発電セルで発生したオフガスを排出するためのオフガス流路とが設けられている。

そして、このような発電システムでは、燃料極に対する燃料及び水の供給量を運転停止時に減少させて燃料極の還元状態を保持させることで、燃料極の劣化を抑制したものが知られている（例えば特許文献 1 参照）。

20

【特許文献 1】特開 2006 - 294508 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ここで、燃料流路の内圧がその外圧よりも低くなると、燃料流路の外部の気体が、その内部に侵入してしまうおそれがある。特に、燃料極の酸化温度領域である 300 以上の環境下では、侵入した気体中の酸素によって燃料極が酸化してしまうという問題が生じてしまう。

30

【0004】

本発明の課題は、燃料流路の内圧をその外圧よりも高くして、酸素を含む外部の気体が燃料流路内に侵入することを抑え、燃料極の酸化を抑制することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

以上の課題を解決するため、本発明の一の態様によれば、
空気極に供給された酸化剤ガスと燃料極に供給された燃料との反応により電力を生成する発電セルと、

前記発電セルに前記燃料を供給する燃料流路と、

前記発電セルに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路と、

40

前記発電セルで発生したオフガスを排出するオフガス流路と、

前記燃料流路に水蒸気が流入することを許容又は停止する水蒸気供給制御手段と、

前記酸化剤ガス流路に酸化剤ガスが流入することを許容又は停止する酸化剤ガス供給制御手段と、

前記オフガス流路から前記オフガスが流出することを許容又は停止するオフガス排出制御手段と、

前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも 1 つの内圧を検出する圧力検出手段と、

前記発電セルの運転停止時に、前記酸化剤ガス供給制御手段及び前記オフガス排出制御手段の全てを停止状態としてから、前記水蒸気供給制御手段を許容状態として、前記圧力

50

検出手段の検出結果が所定圧力を超えるように前記発電セル内に水蒸気を流入させる制御装置と、

前記発電セルの温度を検出する温度検出手段と、を備え、

前記圧力検出手段は、前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも1つの部位の内圧との相関関係に基づいて、当該少なくとも1つの部位の内圧を検出することを特徴とする発電システムが提供される。

【0006】

また、本発明の他の態様によれば、

空気極に供給された酸化剤ガスと燃料極に供給された燃料との反応により電力を生成する発電セルと、

前記発電セルに前記燃料を供給する燃料流路と、

前記発電セルに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス流路と、

前記発電セルで発生したオフガスを排出するオフガス流路と、

前記燃料流路に水蒸気が流入することを許容又は停止する水蒸気供給制御手段と、

前記酸化剤ガス流路に酸化剤ガスが流入することを許容又は停止する酸化剤ガス供給制御手段と、

前記オフガス流路から前記オフガスが流出することを許容又は停止するオフガス排出制御手段と、

前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも1つの内圧を検出する圧力検出手段と、

前記発電セルの温度を検出する温度検出手段と、を備える発電システムの制御装置であって、

前記発電セルの運転停止時に、前記酸化剤ガス供給制御手段及び前記オフガス排出制御手段の全てを停止状態とする遮断ステップと、

前記遮断ステップの後に、前記水蒸気供給制御手段を許容状態として、前記圧力検出手段の検出結果が所定圧力を超えるように前記発電セル内に水蒸気を流入させる水蒸気供給ステップと、

前記水蒸気供給ステップの前に、温度検出手段の検出結果に基づいて、前記水蒸気供給制御手段によって前記発電セルに供給される水蒸気量を決定する水蒸気量決定ステップと、
、を実行し、

前記圧力検出手段は、前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも1つの部位の内圧との相関関係に基づいて、当該少なくとも1つの部位の内圧を検出することを特徴とする発電システムの制御装置が提供される。

【0007】

好ましくは、前記温度検出手段によって検出された温度と、前記発電セル、前記燃料流路、前記酸化剤ガス流路、前記オフガス流路の少なくとも1つの内圧と外圧の差圧と、の相関関係に基づいて、当該少なくとも1つの部位の内圧と外圧の差圧を検出する。

好ましくは、前記温度検出手段の検出結果が、前記燃料極の酸化温度未満である場合には、前記水蒸気供給制御手段を停止状態とする水蒸気停止ステップを、前記水蒸気供給ステップの前に実行する。

好ましくは、前記発電システムは、

前記オフガスを燃焼する燃焼器と、

前記水蒸気を生成する気化器と、を更に備え、

前記気化器は、前記燃焼器で生じた熱量により前記水蒸気を生成する。

好ましくは、前記発電システムは、

前記発電セルで生成した水を回収する水回収装置と、

前記水蒸気を生成する気化器と、を更に備え、

前記気化器は、前記水回収装置により回収された水により水蒸気を生成する。

好ましくは、前記発電セルは、固体酸化物型燃料電池又は熔融炭酸塩型燃料電池である。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、圧力検出手段の検出結果が所定圧力を超えるように発電セル内に水蒸気を流入させるので、所定圧力を予め装置外部の気圧よりも高く設定していれば、燃料流路の内圧を外圧よりも高くすることができる。これにより、酸素を含む外部の気体が燃料流路内に侵入することが抑えられ、燃料極の酸化を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下に、本発明を実施するための最良の形態について図面を用いて説明する。但し、以下に述べる実施形態には、本発明を実施するために技術的に好ましい種々の限定が付されているが、発明の範囲を以下の実施形態及び図示例に限定するものではない。

【0010】

図1は、本実施形態の発電システム1の構成を示したブロック図である。この発電システム1は、例えばノート型パーソナルコンピュータ、携帯電話機、PDA(Personal Digital Assistant)、電子手帳、腕時計、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、ゲーム機器、遊技機、その他の電子機器に備え付けられるものであり、これらの電子機器本体を動作させるための電源として用いられる。そして、発電システム1は、反応装置2と、燃料カートリッジ3と、水カートリッジ4と、供給部5とを備えている。

【0011】

まず、反応装置2について説明する。

反応装置2は、気化器6と、改質器7と、燃焼器8と、気化用燃焼器9と、熱交換器10と、燃料電池としての発電セル11と、を備える。そして、反応装置2は、断熱パッケージ12に収容されている。

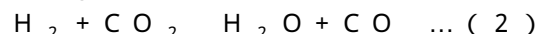
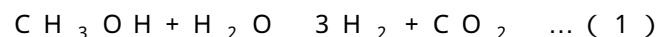
【0012】

気化器6は、燃料及び水の混合液を気化し、改質器7に送るものである。気化器6での混合液の気化は、気化用燃焼器9における燃焼熱等を吸熱して引き起こされる。

【0013】

改質器7は、混合気から水素ガス等を触媒反応により生成し、更に微量ながら一酸化炭素ガスを生成するものである。例えば、燃料がメタノールの場合には、次式(1)、(2)のような化学反応が改質器7で起こる。なお、水素が生成される反応は吸熱反応であって、熱交換器10の熱等が用いられる。

【0014】



【0015】

改質器7で生成された水素ガス及び一酸化炭素ガス等を含む改質ガスは、発電セル11に送られ、更に外部の空気が発電セル11に送られる。

【0016】

燃料電池である発電セル11は、燃料極11aと、空気極11bと、燃料極11aと空気極11bとの間に挟まれた電解質膜11cとを有する。改質器7で生成された改質ガスは発電セル11の燃料極11aに供給され、更に外部の空気が空気極11bに送られる。そして、燃料極11aに供給された改質ガス中の水素と、空気極11bに供給された空気中の酸素とが、電解質膜11cを介して電気化学反応を起こすことによって電力が生じる。燃料極11aと空気極11bによって出力された電力は図示しない電子機器本体に供給される。

【0017】

電解質膜11cが酸素イオン透過性の電解質膜(例えば、固体酸化物電解質膜)の場合には、空気極11bでは次式(3)のような反応が起き、空気極11bで生成された酸素

10

20

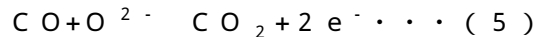
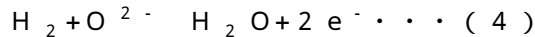
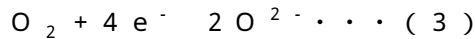
30

40

50

イオンが電解質膜 11c を透過し、燃料極 11a では次式 (4), (5) のような反応が起こる。

【0018】



【0019】

燃焼器 8 は、燃料極 11a で反応せずに残った改質ガスと、空気極 11b を通過した空気とを燃焼することで、改質ガス中に残存する水素ガス及び一酸化炭素を除去するものである。そして、燃焼器 8 は、水素ガス及び一酸化炭素の濃度が低減されたオフガスを熱交換器 10 に送るようになっている。

10

【0020】

燃焼器 8 と、燃料極 11a には、燃焼器 8 と燃料極 11a を含む発電セル 11 の温度を調整するためのヒータ兼温度センサ 13a が設けられている。このヒータ兼温度センサ 13a が温度検出手段である。なお、定常運転時において、発電セル 11 自身の発熱と燃焼器 8 における燃焼熱との総発熱熱量が、改質器 7 へのガス流路を通じた熱伝導と断熱パッケージ 12 への自然放熱との総放熱量と一致するように熱設計されていることが好ましい。これにより、ヒータ兼温度センサ 13a による加熱を行わなくとも、発電反応や、燃焼に最適な温度 (例えば 600 ~ 1000) を確保することが可能となる。

20

【0021】

熱交換器 10 は、燃焼器 8 から供給されたオフガスの熱を改質器 7 に伝導させて両者間の熱交換を行うものである。熱交換器 10 で温度が低減されたオフガスは、気化用燃焼器 9 に送られるようになっている。熱交換器 10 には、熱交換器 10 の温度を調整するためのヒータ兼温度センサ 13b が設けられている。

【0022】

気化用燃焼器 9 は、オフガス中に残存する水素を燃焼用触媒によって燃焼 (酸化) させるものである。この燃焼熱は、気化器 6 に伝導し、混合液の気化に用いられる。気化用燃焼器 9 には、気化用燃焼器 9 の温度を調整するためのヒータ兼温度センサ 13c が設けられている。

30

【0023】

ここで、発電セル 11 からのガス流路を通じた熱伝導と、熱交換器 10 及び気化用燃焼器 9 におけるオフガスとの熱交換による熱流入との総熱量が、気化器 6 での蒸発吸熱、改質器 7 での改質反応における吸熱、断熱パッケージ 12 外へのガス流路を通じた熱伝導、及び断熱パッケージ 12 への自然放熱の総熱量とが一致するように、気化器 6 及び改質器 7 が熱設計されていることが好ましい。これにより、ヒータ兼温度センサ 13b, 13c による加熱を行わなくとも、気化に最適な温度 (例えば 100 ~ 200)、改質反応に最適な温度 (200 ~ 400) を確保することが可能となる。

【0024】

燃料カートリッジ 3 には、例えば、メタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ブタン及びガソリン等の燃料が貯留されている。一方、水カートリッジ 4 には、水が貯留されている。

40

【0025】

供給部 5 には、空気を反応装置 2 に供給する空気供給部 51 と、燃料及び水を混合して反応装置 2 に供給する混合液供給部 52 と、反応装置 2 のオフガスを排出する排出部 53 とが備えられている。

【0026】

空気供給部 51 には、空気ポンプ 510 と、空気ポンプ 510 から発電セル 11 まで空気を供給する第一空気流路 511 と、空気ポンプ 510 から気化用燃焼器 9 まで空気を供給する第二空気流路 512 と、空気ポンプ 510 から気化器 6 まで空気を供給する第三空気流路 513 とが設けられている。第一空気流路 511 が、酸化剤ガスである空気を発電

50

セル 1 1 までに供給する酸化剤ガス流路である。また、各流路 5 1 1 , 5 1 2 , 5 1 3 には、それぞれ空気供給バルブ 5 1 1 a , 5 1 2 a , 5 1 3 a が設けられている。この空気供給バルブ 5 1 1 a , 5 1 2 a , 5 1 3 a が開状態であるときには、各流路 5 1 1 , 5 1 2 , 5 1 3 内に空気が流入することが許容されることになる。一方、空気供給バルブ 5 1 1 a , 5 1 2 a , 5 1 3 a が閉状態であるときには各流路 5 1 1 , 5 1 2 , 5 1 3 内に空気が流入することが停止されることになる。また、空気供給バルブ 5 1 1 a , 5 1 2 a , 5 1 3 a が開状態であっても、各流路 5 1 1 , 5 1 2 , 5 1 3 に空気を流入させるには空気ポンプ 5 1 0 を駆動させる必要もある。つまり、空気供給バルブ 5 1 1 a と、空気ポンプ 5 1 0 とが、第一空気流路 5 1 1 に酸化剤ガスが流入することを許容又は停止する酸化剤ガス供給制御手段である。

10

【 0 0 2 7 】

混合液供給部 5 2 には、燃料カートリッジ 3 から燃料を吸引する燃料ポンプ 5 2 0 と、水カートリッジ 4 から水を吸引する水ポンプ 5 2 1 と、燃料ポンプ 5 2 0 から流出した燃料を発電セル 1 1 まで案内する燃料流路 5 2 2 と、水ポンプ 5 2 1 から流出した水を燃料流路 5 2 2 まで案内する水流路 5 2 3 が設けられている。

ここで、空気供給バルブ 5 1 1 a を閉状態することを、「酸化剤ガス供給制御手段を停止状態とする」という。また、空気供給バルブ 5 1 1 a を開状態とし、空気ポンプ 5 1 0 を駆動することを、「酸化剤ガス供給制御手段を許容状態とする」という。

【 0 0 2 8 】

燃料流路 5 2 2 は、燃料ポンプ 5 2 0 から気化器 6、改質器 7 を介して発電セル 1 1 の燃料極 1 1 a まで至る流路である。水流路 5 2 3 は、水ポンプ 5 2 1 から燃料流路 5 2 2 における気化器 6 の上流位置で、燃料流路 5 2 2 に合流する流路である。これにより、燃料流路 5 2 2 から供給された燃料と、水流路 5 2 3 から供給された水とは、合流地点で混合されて混合液となり、燃料流路 5 2 2 を介して気化器 6 に送られる。気化器 6 で気化された混合液は、改質器 7 に送られる。そして、改質器 7 で生成された改質ガスは、燃料流路 5 2 2 を介して発電セル 1 1 の燃料極 1 1 a に送られることになる。

20

【 0 0 2 9 】

燃料流路 5 2 2 には、燃料供給バルブ 5 2 2 a が設けられている。この燃料供給バルブ 5 2 2 a が開状態であるときには、燃料流路 5 2 2 内に燃料が流入することが許容されることになる。一方、燃料供給バルブ 5 2 2 a が閉状態であるときには燃料流路 5 2 2 内に燃料が流入することが停止されることになる。また、燃料流路 5 2 2 に燃料を流入させるには、燃料供給バルブ 5 2 2 a が開状態であっても、さらに燃料ポンプ 5 2 0 を駆動させる必要もある。つまり、燃料供給バルブ 5 2 2 a と、燃料ポンプ 5 2 0 とは、燃料流路 5 2 2 に燃料が流入することを許容又は停止する燃料供給制御手段である。

30

ここで、燃料供給バルブ 5 2 2 a を閉状態することを、「燃料供給制御手段を停止状態とする」という。また、燃料供給バルブ 5 2 2 a を開状態とし、燃料ポンプ 5 2 0 を駆動することを、「燃料供給制御手段を許容状態とする」という。

【 0 0 3 0 】

水流路 5 2 3 には、水供給バルブ 5 2 3 a が設けられている。この水供給バルブ 5 2 3 a が開状態であるときには、水流路 5 2 3 及び燃料流路 5 2 2 内に水が流入することが許容されることになる。一方、水供給バルブ 5 2 3 a が閉状態であるときには水流路 5 2 3 及び燃料流路 5 2 2 内に水が流入することが停止されることになる。また、水供給バルブ 5 2 3 a が開状態であっても、水流路 5 2 3 及び燃料流路 5 2 2 に水を流入させるには、水ポンプ 5 2 1 を駆動させる必要もある。水流路 5 2 3 及び燃料流路 5 2 2 に水が流入した際、水が気化器 6 を通過すると燃料流路 5 2 2 中に水蒸気が発生する。つまり、水流路 5 2 3、水ポンプ 5 2 1 及び水供給バルブ 5 2 3 a は、燃料流路 5 2 2 に水蒸気が入ることを許容又は停止する水蒸気供給制御手段である。

40

ここで、水供給バルブ 5 2 3 a を閉状態することを、「水蒸気供給制御手段を停止状態とする」という。また、水供給バルブ 5 2 3 a を開状態とし水ポンプ 5 2 1 を駆動することを、「水蒸気供給制御手段を許容状態とする」という。

50

【 0 0 3 1 】

排出部 5 3 には、オフガスから水を生成する水回収装置 5 3 1 と、反応装置 2 から水回収装置 5 3 1 までオフガスを案内するオフガス流路 5 3 2 と、水回収装置 5 3 1 で生成された水を水カートリッジ 4 に供給する水回収流路 5 3 3 とが設けられている。オフガス流路 5 3 2 は、燃焼器 8 から熱交換器 1 0、気化用燃焼器 9 を介して水回収装置 5 3 1 に至るまでの流路である。このオフガス流路 5 3 2 には、オフガス供給バルブ 5 3 2 a が設けられている。オフガス供給バルブ 5 3 2 a は、オフガス流路 5 3 2 からオフガスが流出することを許容又は停止するオフガス排出制御手段である。

ここで、オフガス供給バルブ 5 3 2 a を閉状態することを、「オフガス排出制御手段を停止状態とする」という。また、オフガス供給バルブ 5 3 2 a を開状態することを、「オフガス排出制御手段を許容状態とする」という。

10

【 0 0 3 2 】

空気供給バルブ 5 1 1 a、5 1 2 a、5 1 3 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a、水供給バルブ 5 2 3 a、オフガス供給バルブ 5 3 2 a は、流量調整可能な流量可変バルブである。

【 0 0 3 3 】

また、発電システム 1 には、各部を制御する制御装置 2 0 が備えられている。制御装置 2 0 には、各空気供給バルブ 5 1 1 a、5 1 2 a、5 1 3 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a、水供給バルブ 5 2 3 a、オフガス供給バルブ 5 3 2 a、空気ポンプ 5 1 0、燃料ポンプ 5 2 0、水ポンプ 5 2 1 及び各ヒータ兼温度センサ 1 3 a、1 3 b、1 3 c が、電氣的に接続されている。

20

【 0 0 3 4 】

制御装置 2 0 は、発電セル 1 1 の定常運転時においては、空気供給バルブ 5 1 1 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a、水供給バルブ 5 2 3 a、オフガス供給バルブ 5 3 2 a を開状態、空気供給バルブ 5 1 2 a、5 1 3 a を閉状態としてから、空気ポンプ 5 1 0、燃料ポンプ 5 2 0 及び水ポンプ 5 2 1 を駆動させる。これにより、空気流路 5 1 1 では空気が供給される。また、燃料流路 5 2 2 では燃料が供給されるとともに、水流路 5 2 3 を介して水も供給されることになるため、これらの混合液が供給される。混合液は、気化器 6 を通過する際に気化されて、次いで改質器 7 を通過する際に改質されて発電セル 1 1 の燃料極 1 1 a に供給される。改質ガスと空気が発電セル 1 1 に供給されると、発電セル 1 1 で電気化学反応が生じて電力が発生する。発電セル 1 1 で電気化学反応せずに残った改質ガスと、空気とは、燃焼器 8 で燃焼される。ここで生じたオフガスは、オフガス流路 5 3 2 により、熱交換器 1 0 及び気化用燃焼器 9 を通過して、水回収装置 5 3 1 に案内される。水回収装置 5 3 1 ではオフガスから水が生成される。生成された水は水回収流路 5 3 3 を介して水カートリッジ 4 に供給される。

30

【 0 0 3 5 】

また、制御装置 2 0 は、発電セル 1 1 の運転停止時においては、空気供給バルブ 5 1 1 a、5 1 2 a、5 1 3 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a 及びオフガス供給バルブ 5 3 2 a を閉状態としてから、水供給バルブ 5 2 3 a を開状態とし、水ポンプ 5 2 1 を駆動させる。これにより水ポンプ 5 2 1 から供給された水は気化器 6 を通過することで水蒸気となる。この際、気化器 6 の温度が水の沸点よりも高温にしておく必要がある。空気流路 5 1 1、5 1 2、5 1 3、燃料流路 5 2 2、オフガス流路 5 3 2、水流路 5 2 3 及び発電セル 1 1 は連通しているために、空気供給バルブ 5 1 1 a、5 1 2 a、5 1 3 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a 及びオフガス供給バルブ 5 3 2 a が閉ざされ、なおかつ水供給バルブ 5 2 3 a のみが開状態で、水ポンプ 5 2 1 の駆動が継続していると、反応装置 2 の各流路内に水蒸気が浸透することになる。水供給バルブ 5 2 3 a の水供給量を調整すれば、水蒸気の発生量も制御でき、流路内圧をも調整することが可能となる。

40

【 0 0 3 6 】

内圧調整をする際、制御装置 2 0 は発電セル 1 1、燃料流路 5 2 2、空気流路 5 1 1、5 1 2、5 1 3 及びオフガス流路 5 3 2 の少なくとも 1 つの内圧を検出し、その検出値が所定圧力を越えるように、水蒸気の発生量を制御している。例えば、本実施形態では、ヒ

50

ータ兼温度センサ 1 3 a の検出温度に基づいて、発電セル 1 1 の燃料極 1 1 a の内圧を検出している。具体的には、ヒータ兼温度センサ 1 3 a の検出温度と、内圧との相関関係を種々の実験やシミュレーションにより事前に算出し、その相関関係を制御装置 2 0 の記憶部に記憶させる。また、制御装置 2 0 の記憶部には水蒸気の発生量による内圧変化量も記憶されている。

【 0 0 3 7 】

そして、内圧調整時には、まず制御装置 2 0 は、ヒータ兼温度センサ 1 3 a の検出温度を認識すると、上記の相関関係から検出温度に対応する内圧値を求める。つまり、ヒータ兼温度センサ 1 3 a 及び制御装置 2 0 が、発電セル 1 1、燃料流路 5 2 2、第一空気流路 5 1 1、オフガス流路 5 3 2 の少なくとも 1 つの内圧を検出する圧力検出手段である。その後、制御装置 2 0 は、内圧値と目標とする所定圧力との差分を求め、その差分に対応する内圧変化量が得られる水蒸気の発生量を決定する（水蒸気量決定ステップ）。制御装置 2 0 は、決定した発生量を越える水蒸気を得られるように、水供給バルブ 5 2 3 a の水供給量を調整し、所定圧力を越えた内圧とする（水蒸気供給ステップ）。

【 0 0 3 8 】

ここで、所定圧力は、各流路内に外部の空気等が侵入しない気圧、つまり外圧に設定されている。所定圧力は、発電システム 1 の設置環境によっても左右されるが、例えば標準大気圧中に発電システム 1 が設置されている場合には所定圧力は 1 気圧に設定されることになる。

【 0 0 3 9 】

次に、発電セル 1 1 の運転停止時の具体的動作について説明する。図 2 は運転停止処理の流れを示すフローチャートである。図 2 に示すように、運転停止処理が開始されると、制御装置 2 0 は、発電セル 1 1 による発電を停止すべく、空気供給バルブ 5 1 1 a、5 1 2 a、5 1 3 a、燃料供給バルブ 5 2 2 a、オフガス供給バルブ 5 3 2 a を閉状態とする（ステップ S 1：遮断ステップ）。なお、この際、制御装置 2 0 は、空気ポンプ 5 1 0 及び燃料ポンプ 5 2 0 を停止させている。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 2 では、制御装置 2 0 は、上記の内圧調整を実行し、反応装置 2 の流路内圧を所定圧力よりも大きくする。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 3 では、制御装置 2 0 は、気化器 6 が所定温度以上に保つ制御を開始する。ここで、反応装置 2 内に水蒸気を安定供給するためには、気化器 6 を所定の温度 (1 0 0) 以上に保つ必要がある。運転停止時には、水の供給も定常運転時と比べると少なくなるので、気化器 6 での気化による吸熱は小さくなる。そのため、運転停止処理開始直後に気化器 6 が所定温度以下に下がることはないが、発電セル 1 1 の温度がさらに下がることにより、燃料流路 5 2 2 を通じた熱流入がさらに減少し、それによって気化器 6 の温度が所定の温度以下になってしまう場合もある。このため、制御装置 2 0 は、ヒータ兼温度センサ 1 3 c の検出温度に基づいて、気化器 6 が所定温度以上であるか否かを判断して、所定温度未満であれば、ヒータ兼温度センサ 1 3 c によって気化器 6 を加熱する。この温度検出処理及び加熱処理は図 2 に示すステップ S 4 の処理が終了するまで行われる。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 4 では、制御装置 2 0 は、ヒータ兼温度センサ 1 3 a の検出温度に基づいて、発電セル 1 1 が所定温度未満であるか否かを判断し、所定温度以上である場合にはそのまま待機し、所定温度未満である場合にはステップ S 5 に移行する。ここでの所定温度は、燃料極 1 1 a の酸化温度未満に設定されていることが好ましい。酸化温度は燃料極 1 1 a をなす材料によって異なるために、所定温度は材料毎に異なる値に設定されることになる。例えば、燃料極 1 1 a がニッケルから形成されている場合には、所定温度は 3 0 0 程度となる。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 5 では、制御装置 2 0 は、水供給バルブ 5 2 3 a を閉状態とする。また、こ

10

20

30

40

50

の際には制御装置 20 は水ポンプ 521 も停止させる。これにより、水の供給、すなわち水蒸気の供給が停止される。ステップ S4, S5 が水蒸気停止ステップである。

【0044】

ステップ S6 では、制御装置 20 は、空気供給バルブ 511a, 512a, 513a を開状態としてから、空気ポンプ 510 を駆動することで、発電セル 11、気化器 6、気化用燃焼器 9 に空気を供給する。この空気によって、発電セル 11、燃料流路 522、空気流路 511, 512, 513、オフガス流路 532 に残存していた燃料が、燃焼器 8 や気化用燃焼器 9 で燃焼されることになる。ステップ S6 が燃焼ステップである。

【0045】

ステップ S7 では、制御装置 20 は、オフガス供給バルブ 532a を開状態とする。これにより、各流路内に残存する水蒸気や改質ガスは空気により押し出されて、水回収装置 531 に到達する。水回収装置 531 は、オフガスから水を生成し、その水を、水回収流路 533 を介して水カートリッジ 4 に供給する。

10

【0046】

ステップ S8 では、制御装置 20 は、所定時間が経過したか否かを判断し、経過していなければそのまま待機し、経過していたらステップ S9 に移行する。ここで、所定時間とは、流路内に残存する水蒸気や改質ガスが排出されるまでの時間である。

【0047】

ステップ S9 では、制御装置 20 は、空気ポンプ 510 を停止して、空気供給を停止する。これにより、運転停止処理が終了する。

20

【0048】

以上のように、本実施形態によれば、燃料流路 522 の内圧を外圧よりも高くすることができ、酸素を含む外部の気体が反応装置 2 の流路内に侵入してしまうことを抑えることが可能となる。酸素の侵入が抑えられるために、燃料極 11a の酸化を抑制することができる。

【0049】

また、ヒータ兼温度センサ 13a の検出温度と内圧との相関関係に基づいて、発電セル 11 に供給する水蒸気量が決定されているので、流路内の内圧を直接検出する圧力センサを設置しなくとも、最適な水蒸気量を決定することが可能となる。

【0050】

30

また、ヒータ兼温度センサ 13a の検出結果が、燃料極 11a の酸化温度未満である場合に水蒸気停止ステップが実行されるので、酸化温度以上のときに空気が送られてしまうことを防止することができる。これにより、燃料極 11a の酸化が抑えられることになる。

【0051】

そして、水蒸気停止ステップ後に燃焼ステップが実行されるので、反応装置 2 の流路内に残存した燃料は燃焼されることになる。このため、水素ガスや一酸化炭素を除去したオフガスを排出することができる。

【0052】

また、気化器 6 が、気化用燃焼器 9 で生じた熱量により水蒸気を生成するので、水蒸気生成用の加熱器を設けなくとも水蒸気を生成することが可能である。

40

気化器 6 が、水回収装置 531 により回収された水から水蒸気を生成するので、運転停止処理用の水を別に備えなくとも、運転停止中に水蒸気を生成することが可能である。

【0053】

なお、本発明は上記実施形態に限らず適宜変更可能である。以下の説明において上記実施形態と同一の部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0054】

例えば、本実施形態では、発電セル 11 として、固体酸化物型燃料電池を例示して説明したが、その他の燃料電池に対しても本発明の構成を適用することは可能である。その他の燃料電池としては、例えば、熔融炭酸塩型燃料電池が挙げられる。

50

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態では、燃料を改質器 7 で改質した後、発電セル 1 1 に供給する場合を例示したが、燃料を発電セルに直接送り、発電セルの内部で改質するようにしてもよい。この場合、改質器 7 を省略することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態では、ヒータ兼温度センサ 1 3 a と、制御装置 2 0 とが圧力検出手段である場合を例示して説明したが、発電セル 1 1、燃料流路 5 2 2、空気流路 5 1 1, 5 1 2, 5 1 3、オフガス流路 5 3 2 の少なくとも 1 つの内圧と外圧の差圧を検出する差圧検出手段を圧力検出手段として断熱パッケージ 1 2 内に設置してもよい。この場合、予め予備実験やシミュレーションにより差圧検出手段の検出結果と、流路の内圧との相関関係を求めておき、その関係が制御装置 2 0 の記憶部に記憶されていることが好ましい。

10

また、これ以外にも、流路内圧を直接検出する圧力センサを圧力検出手段として設置してもよい。

【 0 0 5 7 】

変形例

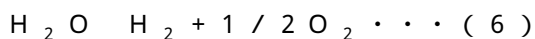
また、上述の実施形態では、運転停止時に水のみを反応装置 2 内に供給する場合を例示して説明したが、水蒸気酸化を防止すべく水とともに燃料も供給するようにしてもよい。

例えば、燃料極 1 1 a がニッケルである場合、燃料極 1 1 a の温度が 3 0 0 以上のときに、水蒸気が供給されて流路内の水素濃度が極端に低くなってしまうと燃料極 1 1 a に水蒸気酸化現象が生ずるおそれがある。

20

水蒸気酸化とは、式 (6) の平衡状態によって水蒸気から僅かに酸素が生成され、金属等を酸化させる現象である。

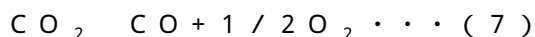
【 0 0 5 8 】



【 0 0 5 9 】

これ以外にも、改質ガス中に含まれる二酸化炭素から式 (7) の反応によって僅かに生成された酸素や、運転停止処理時に流路内に残留する酸素等も流路中に存在している。

【 0 0 6 0 】



【 0 0 6 1 】

図 3, 4 は、それぞれ 7 0 0 と 4 0 0 における水蒸気中に含まれる水素濃度と、その時生成される酸素の分圧との関係を表すグラフである。図中、斜線部分は各温度におけるニッケルの酸化領域を示す。いずれの温度においても、水素濃度が約 2 % 以上でニッケルの酸化領域から外れることがわかる。

30

【 0 0 6 2 】

本変形例では、制御装置 2 0 は図 2 に示すステップ S 2 の後に、以下の処理を実行する。また、それ以外の処理は上述の実施形態と同一であるために同一符号を付してその説明を省略する (図 5 参照)。つまり、ヒータ兼温度センサ 1 3 a の検出結果が、燃料極 1 1 a の酸化温度以上である場合には、制御装置 2 0 は、水蒸気供給ステップと同時に、若しくはそれ以降に、燃料供給バルブ 5 2 2 a を開状態としてから、燃料ポンプ 5 2 0 を駆動する。この際、制御装置 2 0 は、発電セル 1 1、燃料流路 5 2 2、空気流路 5 1 1, 5 1 2, 5 1 3 及びオフガス流路 5 3 2 内における水素濃度が 2 % (所定割合) 以上となるように、燃料供給バルブ 5 2 2 a による燃料供給量を調整している。この工程が、燃料供給ステップ (ステップ S 2 - 1) である。これにより、燃料極 1 1 a の酸化をより防止することができる。

40

【 0 0 6 3 】

ここで、実際の発電システム 1 においては、発電セル 1 1 の定常運転時の出力に応じて、制御装置 2 0 がステップ S 1 の遮断ステップを実行したときに、第一空気流路 5 1 1、第二空気流路 5 1 2、第三空気流路 5 1 3、燃料流路 5 2 2、オフガス流路 5 3 2 及び発電セル 1 1 内にそれぞれ残存する気体の量を予め予測することができる。燃料供給ステッ

50

プでは、この残存する気体の量を考慮して、制御装置 2 0 は、水素濃度が所定割合以上となるように、燃料供給バルブ 5 2 2 a による燃料供給量を調整している。

【 0 0 6 4 】

なお、上記の例では、燃料極 1 1 a がニッケルであるために水素濃度を 2 % 以上と設定しているが、この値は燃料極 1 1 a を形成する材料毎によって異なる。所定割合は燃料極 1 1 a の形成材料毎に最適な値が設定されることになる。

また、3 0 0 以上であっても運転停止処理中の水素濃度が所定割合以上に保たれるように、燃料流路 5 2 2、空気流路 5 1 1、5 1 2、5 1 3 及びオフガス流路 5 3 2 の容積比を設計時に調整しておけば、燃料供給ステップを実行しなくとも、燃料極 1 1 a の酸化を防止することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 5 】

【図 1】本実施形態の発電システムの構成を示したブロック図である。

【図 2】発電システムの制御装置が実行する運転停止処理を示すフローチャートである。

【図 3】7 0 0 における水蒸気中に含まれる水素濃度と、その時生成される酸素の分圧との関係を表すグラフである。

【図 4】4 0 0 における水蒸気中に含まれる水素濃度と、その時生成される酸素の分圧との関係を表すグラフである。

【図 5】上記変形例の発電システムの制御装置が実行する運転停止処理を示すフローチャートである。

20

【符号の説明】

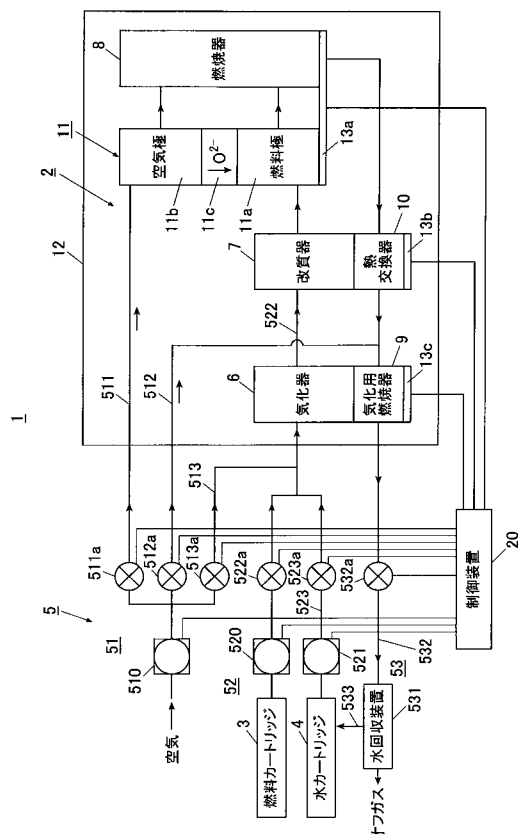
【 0 0 6 6 】

| | | |
|-------------------|--------------------------|----|
| 1 | 発電システム | |
| 2 | 反応装置 | |
| 3 | 燃料カートリッジ | |
| 4 | 水カートリッジ | |
| 5 | 供給部 | |
| 6 | 気化器 | |
| 7 | 改質器 | |
| 8 | 燃焼器 | 30 |
| 9 | 気化用燃焼器（燃焼器） | |
| 1 0 | 熱交換器 | |
| 1 1 | 発電セル | |
| 1 1 a | 燃料極 | |
| 1 1 b | 空気極 | |
| 1 1 c | 電解質膜 | |
| 1 2 | 断熱パッケージ | |
| 1 3 a | ヒータ兼温度センサ（温度検出手段、圧力検出手段） | |
| 1 3 b | ヒータ兼温度センサ | |
| 1 3 c | ヒータ兼温度センサ | 40 |
| 2 0 | 制御装置（圧力検出手段） | |
| 5 1 | 空気供給部 | |
| 5 2 | 混合液供給部 | |
| 5 3 | 排出部 | |
| 5 1 0 | 空気ポンプ（酸化剤ガス供給制御手段） | |
| 5 1 1 | 第一空気流路（酸化剤ガス流路） | |
| 5 1 1 a | 空気供給バルブ（酸化剤ガス供給制御手段） | |
| 5 1 2 | 第二空気流路 | |
| 5 1 3 | 第三空気流路 | |
| 5 1 2 a , 5 1 3 a | 空気供給ポンプ | 50 |

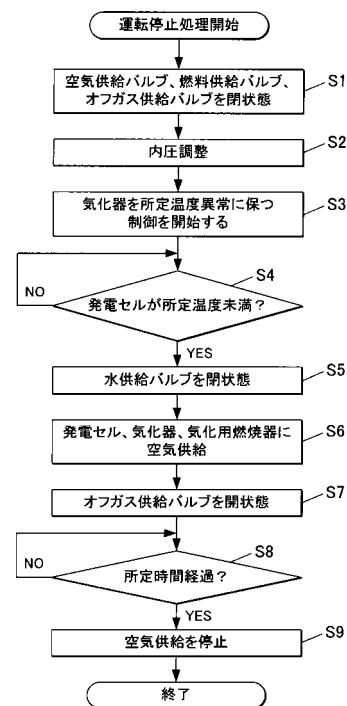
- 5 2 0 燃料ポンプ（燃料供給制御手段）
- 5 2 1 水ポンプ（水蒸気供給制御手段）
- 5 2 2 燃料流路
- 5 2 2 a 燃料供給バルブ（燃料供給制御手段）
- 5 2 3 水流路（水蒸気供給制御手段）
- 5 2 3 a 水供給バルブ（水蒸気供給制御手段）
- 5 3 1 水回収装置
- 5 3 2 オフガス流路
- 5 3 2 a オフガス供給バルブ（オフガス排出制御手段）
- 5 3 3 水回収流路

10

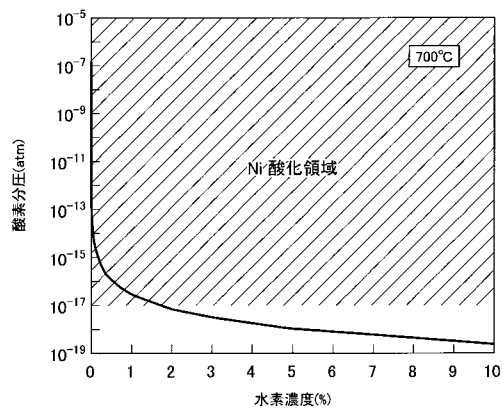
【図 1】



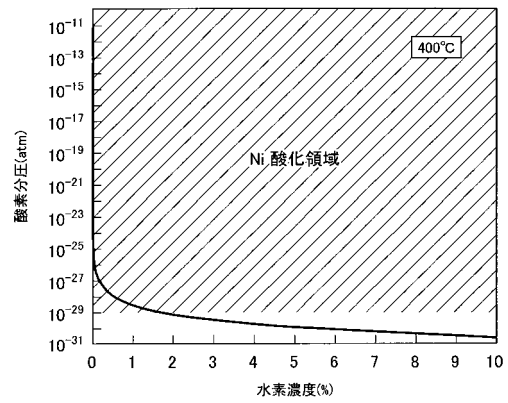
【図 2】



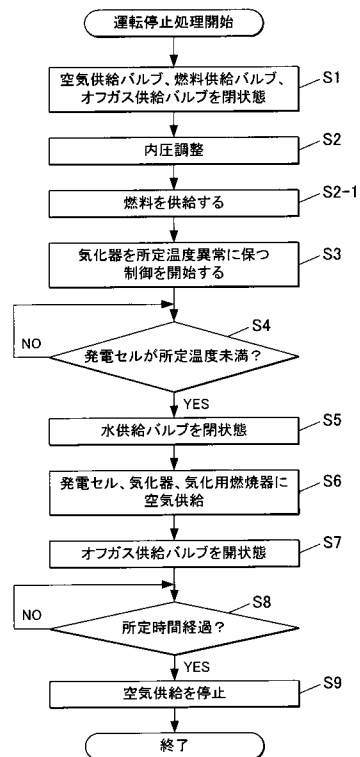
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/04 T
H 0 1 M 8/12

(56)参考文献 特開平 1 1 - 1 9 1 4 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 9 0 9 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 7 9 4 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 1 7 6 3 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4