

(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2005-209610
(P2005-209610A)

(43) 公開日 平成17年8月4日(2005.8.4)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04	HO 1 M 8/04	5HO26
HO 1 M 8/10	HO 1 M 8/10	5HO27

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2004-136475 (P2004-136475)	(71) 出願人	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22) 出願日	平成16年4月30日 (2004.4.30)	(74) 代理人	100077665 弁理士 千葉 剛宏
(31) 優先権主張番号	特願2003-428574 (P2003-428574)	(74) 代理人	100116676 弁理士 宮寺 利幸
(32) 優先日	平成15年12月25日 (2003.12.25)	(74) 代理人	100077805 弁理士 佐藤 辰彦
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	神馬 亮 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
		(72) 発明者	吉田 弘道 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

最終頁に続く

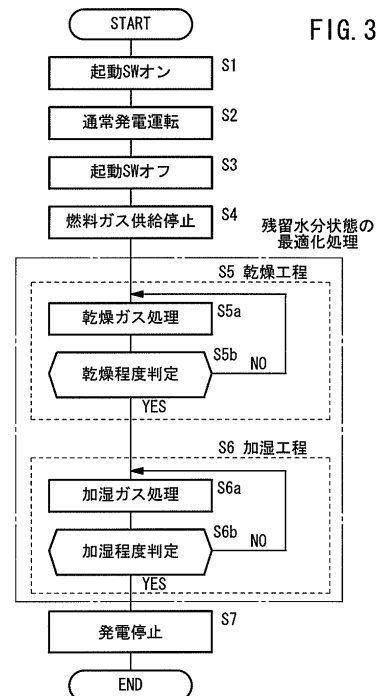
(54) 【発明の名称】 燃料電池の制御方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池の起動時の始動性を向上させる。

【解決手段】 発電停止処理時に、乾燥工程 S 5 において、乾燥ガスを反応ガス流路に通じて電解質膜を所定の乾燥程度まで乾燥させるとともに、反応ガス流路の水分を除去し、その後、加湿工程 S 6 において、加湿ガスにより電解質膜を一定時間加湿するようにしているので、停止時には、反応ガス流路には水分がなく、かつ電解質膜が所望の湿潤状態に保持された状態になっている。ソーク後の再起動時には、反応ガス流路に水分が残留していないので反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜には所望の水分が均一に残留しているので、陽イオンが透過し易くなり、良好に始動する。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電解質の膜を挟んで保持するアノード電極とカソード電極の両側に反応ガス流路を設け、前記反応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を行う燃料電池の制御方法において、

掃気信号の入力を検知する掃気信号検知工程と、

前記掃気信号の入力を検知したときに掃気処理を行う掃気処理工程とを有し、

前記掃気処理工程は、

前記掃気信号の入力を検知したとき、前記膜を乾燥させる乾燥工程と、

前記膜の乾燥後に、前記膜を加湿する加湿工程と

を備えることを特徴とする燃料電池の制御方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程中に、前記膜の乾燥程度を検知し、所定の乾燥程度に達したときに前記乾燥工程を終了する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程における前記膜の乾燥程度は、前記膜の膜抵抗値に基づき判定する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

20

【請求項 4】

請求項 2 記載の燃料電池の発電制御方法において、

前記乾燥工程における前記膜の乾燥程度は、前記膜の膜抵抗値の微分値に基づき判定する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 5】

請求項 2 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程における前記膜の乾燥程度は、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差に基づき判定する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

30

【請求項 6】

請求項 2 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程における前記膜の乾燥程度は、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差の微分値に基づき判定する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 7】

請求項 2 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程における前記膜の乾燥程度は、前記膜の膜抵抗値、前記膜抵抗値の微分値、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差、及び前記ガス圧力差の微分値のうち、少なくとも 1 つに基づき判定する

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

40

【請求項 8】

請求項 1 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程では、前記反応ガス流路に乾燥ガスを供給して前記電解質膜を乾燥させることを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の燃料電池の制御方法において、

前記乾燥工程における、前記乾燥ガスの供給時間を所定時間とする

ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 10】

50

請求項 8 記載の燃料電池の制御方法において、
前記乾燥ガスは、高温化工程を経て高温にされた乾燥ガスである
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 記載の燃料電池の制御方法において、
前記加湿工程では、前記反応ガス流路に加湿ガスを供給して前記電解質膜を加湿する
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の燃料電池の制御方法において、
前記加湿工程における、前記反応ガス流路に供給する加湿ガスの供給時間を所定時間と
する
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。 10

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の燃料電池の制御方法において、
前記加湿工程では、前記アノード電極と前記カソード電極に接続されている負荷を大き
い負荷にして前記膜を加湿する
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池の制御方法において、
前記掃気信号は、前記燃料電池の停止時に入力される
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。 20

【請求項 1 5】

請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池の制御方法において、
前記燃料電池は、前記電解質膜を挟んで保持する前記アノード電極と前記カソード電極
とを設けた電解質膜・電極構造体を有し、前記電解質膜・電極構造体がセパレータにより
挟んで保持され、かつ前記セパレータの前記電解質膜・電極構造体に対面する部分に前記
反応ガス流路が設けられた発電セルを複数積層したスタック構造にされている
ことを特徴とする燃料電池の制御方法。

【請求項 1 6】

電解質の膜を挟んで保持するアノード電極とカソード電極の両側に反応ガス流路を設け
、前記反応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を行う燃料電池の制御装置にお
いて、 30
掃気信号の入力を検知する掃気信号検知器と、
前記掃気信号の入力を検知したとき、前記膜を乾燥させる乾燥器と、
前記膜の乾燥後に、前記膜を加湿する加湿器と
を備えることを特徴とする燃料電池の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電解質膜を挟んで保持するアノード電極とカソード電極の両側に設けた反
応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を継続する燃料電池の発電停止時制御方
法に関し、特に、掃気時における水分除去能力を向上させ、また発電停止後の再起動時
における始動性を向上させる燃料電池の制御方法及びその装置に関する。 40

【背景技術】

【0002】

一般的に、固体高分子型燃料電池は、高分子イオン交換膜（陽イオン交換膜）からなる
電解質膜の両側に、それぞれアノード電極及びカソード電極を設けた電解質膜・電極構造
体（Membrane Electrode Assembly：MEAともいう。）を、反応ガス流路が形成されたセ
パレータによって挟んで保持したセル（発電セル）構造とされている。

【0003】

この燃料電池において、反応ガス流路を通じてアノード電極に供給された燃料ガス、例えば、主に水素を含有するガス（以下、水素含有ガスともいう。）は、電極触媒上で水素が陽イオン化され、電解質膜を介してカソード電極側へと移動する。その間に生じた電子は外部回路に取り出され、直流の電気エネルギーとして利用される。なお、カソード電極には、反応ガス流路を通じて、酸化剤ガス、例えば、主に酸素を含有するガスあるいは空気（以下、酸素含有ガスともいう。）が供給されているために、このカソード電極において、水素イオン、電子及び酸素が反応して水が生成される。

【0004】

ところで、この種の燃料電池では、イオン導電性を維持するために、高分子イオン交換膜からなる電解質膜を適度に加湿しておく必要がある。さらに、カソード電極では、上記のように反応による生成水が存在している。このため、燃料電池を氷点下（水の凍結温度以下）で始動させようとする、前記燃料電池内の水分が凍結し易く、該燃料電池内で電気化学反応が行われ難いという不具合が指摘されている。

10

【0005】

そこで、例えば、特許文献1には、発電動作を停止したとき、反応ガス流路に乾燥したパージ用流体、例えば窒素ガスを供給して、反応ガス流路内の水を掃気する（パージすること）が燃料電池の凍結時起動能力を向上させる点で好ましいと記載されている。

【0006】

【特許文献1】特表2003-510786号公報（[0047]、[0048]）

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】**【0007】**

しかしながら、この特許文献1に係る技術では、単に、発電動作の停止時に、反応ガス流路を乾燥した非反応ガスである窒素ガスでパージすることが好ましいと記載されているに過ぎなく、このように制御した場合には、発電セル面内の反応ガスの入口近傍ではMEAが極端に乾燥し、その一方、乾燥ガスがセパレータ内のガス流路を移動している間に加湿されてしまうことから、反応ガスの出口近傍の水分の除去、排出が不十分な状態になるという問題がある。

【0008】

その結果、反応ガス入口部における電解質膜の膜抵抗値が増大し、反応ガス出口近傍のガス拡散性が阻害され、再起動時に、負荷を十分に印加することができず、再起動時の始動性が悪化してしまうという問題がある。

30

【0009】

また、長期的に見れば、MEAが極端に乾燥する状態と、MEAが湿潤している状態が繰り返されることを原因として、MEAの耐久性が劣化する可能性もある。

【0010】

この発明は、このような課題を考慮してなされたものであり、掃気時における水分の除去能力（排出能力）を向上させることを可能とする燃料電池の制御方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0011】

また、この発明は、MEAの耐久性の劣化を防止することを可能とする燃料電池の制御方法及びその装置を提供することを目的とする。

40

【0012】

さらに、この発明は、発電停止後の再起動時の始動性を向上させることを可能とする燃料電池の時制御方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0013】

さらにまた、この発明は、水の凍結温度以下の環境下においても迅速な始動が確実に遂行され、通常運転に直ちに移行することが可能な燃料電池の制御方法及びその装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

【0014】

この項では、この発明の理解の容易化のために添付図面中の符号を付けて説明する。したがって、この項に記載した内容がその符号を付けたものに限定して解釈されるものではない。

【0015】

この発明の燃料電池の制御方法は、電解質の膜(20b)を挟んで保持するアノード電極(20a)とカソード電極(20c)の両側に反応ガス流路(46、48)を設け、前記反応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を行う燃料電池の制御方法において、掃気信号の入力を検知する掃気信号検知工程と、前記掃気信号の入力を検知したときに掃気処理を行う掃気処理工程(S5、S6)とを有し、前記掃気処理工程は、前記掃気信号の入力を検知したとき、前記膜を乾燥させる乾燥工程(S5)と、前記膜の乾燥後に、前記膜を加湿する加湿工程(S6)とを備えることを特徴とする(請求項1記載の発明)。

10

【0016】

この発明によれば、掃気処理時に、電解質膜を乾燥させることで反応ガス流路から水分を除去し、その後、電解質膜を加湿するようにしているので、掃気処理後には、反応ガス流路には水分がなく、かつ電解質膜が湿潤状態となる。このため、反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜には水分が残留しているので、陽イオンが透過し易くなり、良好に発電を行うことが可能である。

【0017】

なお、掃気処理は、後述する発電停止処理時以外に、一時停車中のアイドリング時等に行われる。掃気処理を行うことで、アイドリング時から走行時に円滑に移行することができる。なお、この発明は、車載以外の据え置き型あるいは可搬型の燃料電池にも適用できることは言うまでもない。

20

【0018】

この場合、前記乾燥工程中に、前記電解質膜の乾燥程度を検知し(S5b)、所定の乾燥程度に達したときに前記乾燥工程を終了することが好ましい(請求項2記載の発明)。

【0019】

例えば、前記乾燥工程における前記電解質膜の乾燥程度は、前記電解質膜の膜抵抗値に基づき判定することができる(請求項3記載の発明)。

30

【0020】

また、前記乾燥工程における前記電解質膜の乾燥程度は、前記電解質膜の膜抵抗値の微分値に基づき判定することができる(請求項4記載の発明)。

【0021】

さらに、前記乾燥工程における前記電解質膜の乾燥程度は、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差に基づき判定することができる(請求項5記載の発明)。

【0022】

さらにまた、前記乾燥工程における前記電解質膜の乾燥程度は、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差の微分値に基づき判定することができる(請求項6記載の発明)。

40

【0023】

この場合、前記乾燥工程における前記電解質膜の乾燥程度は、前記電解質膜の膜抵抗値、前記膜抵抗値の微分値、前記反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差、及び前記ガス圧力差の微分値のうち、少なくとも1つに基づき判定することでもよい(請求項7記載の発明)。

【0024】

なお、前記乾燥工程では、前記反応ガス流路に乾燥ガスを供給して前記電解質膜を乾燥させることができる(請求項8記載の発明)。

【0025】

ここで、前記乾燥工程における、前記乾燥ガスの供給時間を所定時間とすると、所望の

50

乾燥程度までの制御が簡単である（請求項 9 記載の発明）。

【0026】

前記乾燥ガスは、高温化工程（例えば、コンプレッサ 102 直接供給流路 101 空気供給流路 98）を経て高温にされた乾燥ガスであることが好ましい（請求項 10 記載の発明）。

【0027】

また、前記加湿工程では、前記反応ガス流路に加湿ガスを供給して前記電解質膜を加湿させることができる（請求項 11 記載の発明）。

【0028】

この場合においても、前記加湿工程における、前記反応ガス流路に供給する加湿ガスの供給時間を所定時間とすると所望の乾燥程度までの制御が簡単である（請求項 12 記載の発明）。

【0029】

また、前記加湿工程における加湿の仕方としては、前記アノード電極と前記カソード電極に接続されている負荷を大きい負荷にして前記電解質膜を加湿することができる（請求項 13 記載の発明）。

【0030】

なお、掃気信号は、燃料電池の停止時に入力されることが好ましい（請求項 14 記載の発明）。この場合、電解質膜（20b）を挟んで保持するアノード電極（20a）とカソード電極（20c）の両側に反応ガス流路（46、48）を設け、前記反応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を行い、発電停止信号（ $I_g = 0$ ）の入力に基づき発電停止時処理を行い発電を停止する燃料電池の発電停止時制御方法であって、前記発電停止時処理は、前記発電停止信号の入力を検知する発電停止信号検知工程（S3）と、発電停止信号の入力を検知したとき、前記電解質膜を乾燥させる乾燥工程（S5）と、前記電解質膜の乾燥後に、前記電解質膜を加湿する加湿工程（S6）とを備える。

【0031】

この発明によれば、発電停止処理時に、電解質膜を乾燥させることで反応ガス流路から水分を除去し、その後、電解質膜を加湿するようにしているので、停止時には、反応ガス流路には水分がなく、かつ電解質膜が湿潤状態となる。したがって、再起動時には、反応ガス流路に水分が残留していないので反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜には水分が残留しているので、陽イオンが透過し易くなり、良好に発電が行われる。

【0032】

すなわち、再起動時に十分な負荷を印加することが可能となって始動性が向上する。また、水の凍結温度以下の環境でも反応ガス流路での凍結が発生していることがなく、さらに、電解質膜には水分が残留しているので迅速な始動が確実に遂行され、直ちに通常運転に移行することができる。

【0033】

上記した燃料電池は、前記電解質膜（20b）を挟んで保持する前記アノード電極（20a）と前記カソード電極（20c）とを設けた電解質膜・電極構造体（20）を有し、前記電解質膜・電極構造体がセパレータ（22、24）により挟んで保持され、かつ前記セパレータの前記電解質膜・電極構造体に対面する部分に前記反応ガス流路（46、48）が設けられた発電セル（14）を複数積層したスタック構造にされている、いわゆる燃料電池スタック（12）も含む（請求項 15 記載の発明）。

【0034】

この発明の燃料電池の制御装置は、電解質の膜（20b）を挟んで保持するアノード電極（20a）とカソード電極（20c）の両側に反応ガス流路（46、48）を設け、前記反応ガス流路に反応ガスを供給することで発電運転を行う燃料電池の制御装置において、掃気信号の入力を検知する掃気信号検知器（60）と、前記掃気信号の入力を検知したとき、前記膜を乾燥させる乾燥器（102）と、前記膜の乾燥後に、前記膜を加湿する加

10

20

30

40

50

湿器（103）とを備えることを特徴とする（請求項16記載の発明）。

【0035】

この発明によれば、掃気信号検知器により掃気信号の入力を検知したとき、乾燥器により電解質膜を乾燥させることで反応ガス流路から水分を除去し、その後、加湿器により電解質膜を加湿するようにしている。このため、掃気信号の入力に応じた処理を行った後に燃料電池の反応ガス流路には水分がなく、かつ電解質膜が湿潤状態となる。反応ガス流路に水分が残留していないので反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜には水分が残留しているので、陽イオンが透過し易くなり、良好に発電を行うことが可能である。

【発明の効果】

10

【0036】

この発明によれば、掃気時（例えば発電停止処理時）に、電解質膜を乾燥させることで反応ガス流路からも水分を除去し、その後、電解質膜を加湿するようにしているので、掃気終了時（例えば停止時）には、反応ガス流路には水分がなく、かつ電解質膜が湿潤状態となる。

【0037】

したがって、掃気時における水分の除去能力（排出能力）を向上させることができる。

【0038】

また、電解質膜が極端な乾燥状態と湿潤状態とを繰り返さないようになるので、電解質膜・電極構造体、すなわちMEAの耐久性の劣化を防止することができる。

20

【0039】

さらに、掃気終了後（例えば発電停止後）の再起動時には、反応ガス流路に水分が残留していないので反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜には水分が残留しているので、陽イオンが透過し易くなり、良好に発電が行われる（開始される）。

【0040】

例えば、再起動時に十分な負荷を印加することが可能となって始動性が向上する。

【0041】

また、水の凍結温度以下の環境でも反応ガス流路での凍結が発生していることがなく、さらに電解質膜には水分が残留しているので迅速な始動が確実に遂行され、直ちに通常運転に移行することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

図1は、この発明の実施形態に係る燃料電池の制御方法を実施し、かつ燃料電池の制御装置の一実施形態を含む燃料電池システム10の概略構成説明図である。

【0043】

燃料電池システム10は、燃料電池スタック12を有し、この燃料電池スタック12は、複数の発電セル14を矢印A方向に積層した積層体として構成される。燃料電池スタック12の積層方向両端部には、正極側ターミナルプレート16a及び負極側ターミナルプレート16bと、エンドプレート18a、18bとが、順次、設けられる。エンドプレート18a、18bが図示しないタイロッド等によって締め付けられることにより、燃料電池スタック12が形成される。

40

【0044】

各発電セル14は、電解質膜・電極構造体20と、この電解質膜・電極構造体20を挟持する金属のセパレータ22、24とを備える。セパレータ22、24には、後述する連通孔の周囲及び電極面（発電面）の外周を覆って、シール材が一体成形されている。

【0045】

図2は、図1に示した燃料電池システム10を構成する燃料電池スタック12の構成要素である発電セル14の分解斜視説明図である。

【0046】

図2に示すように、発電セル14の矢印B方向の一端縁部には、積層方向である矢印A

50

方向に互いに連通して、一方の反応ガスである酸化剤ガス、例えば、酸素含有ガスを供給するための酸化剤ガス供給連通孔 30 a、冷却媒体を排出するための冷却媒体排出連通孔 32 b、及び他方の反応ガスである燃料ガス、例えば、水素含有ガスを排出するための燃料ガス排出連通孔 34 b が、矢印 C 方向（鉛直方向）に配列して設けられる。

【0047】

発電セル 14 の矢印 B 方向の他端縁部には、矢印 A 方向に互いに連通して、燃料ガスを供給するための燃料ガス供給連通孔 34 a、冷却媒体を供給するための冷却媒体供給連通孔 32 a、及び酸化剤ガスを排出するための酸化剤ガス排出連通孔 30 b が、矢印 C 方向に配列して設けられる。

【0048】

電解質膜・電極構造体 20 は、例えば、パーフルオロスルホン酸の薄膜に水が含浸された固体高分子電解質膜 20 b と、この固体高分子電解質膜 20 b を挟んで保持するアノード電極 20 a 及びカソード電極 20 c とを備える（図 1 及び図 2 参照）。

【0049】

アノード電極 20 a 及びカソード電極 20 c は、カーボンペーパー等からなるガス拡散層と、白金合金が表面に支持された多孔質カーボン粒子を前記ガス拡散層の表面に様に塗布した電極触媒層とをそれぞれ有する。電極触媒層は、固体高分子電解質膜 20 b の両面に接合されている。

【0050】

セパレータ 22 の電解質膜・電極構造体 20 に対向する面 22 a には、酸化剤ガス供給連通孔 30 a と酸化剤ガス排出連通孔 30 b とに連通する酸化剤ガス流路（反応ガス流路ともいう。）46 が設けられる。酸化剤ガス流路 46 は、例えば、矢印 B 方向に延びて存在する複数の溝部とカソード電極 20 c との間に形成される。

【0051】

セパレータ 24 の電解質膜・電極構造体 20 に対向する面 24 a には、燃料ガス供給連通孔 34 a と燃料ガス排出連通孔 34 b とに連通する燃料ガス流路（反応ガス流路ともいう。）48 が形成される。この燃料ガス流路 48 は、例えば、矢印 B 方向に延びて存在する複数の溝部とアノード電極 20 a との間に形成される。

【0052】

セパレータ 22 の面 22 b とセパレータ 24 の面 24 b との間には、冷却媒体供給連通孔 32 a から供給される冷却媒体を冷却媒体排出連通孔 32 b に導くための冷却媒体流路 50 が形成される。この冷却媒体流路 50 は、金属セパレータ 22 に設けられる複数の溝部と、セパレータ 24 に設けられる複数の溝部とを重ね合わせることにより、矢印 B 方向に延びて一体的に構成される。

【0053】

再び、図 1 において、燃料電池システム 10 は、例えば、自動車等の車両に搭載されており、基本的には、燃料電池スタック 12 と、この燃料電池システム 10 全体を統括して制御する制御部 60 と、燃料ガス供給系 62 と、酸化剤ガス供給系 64 とを備える。

【0054】

燃料電池スタック 12 は、複数の発電セル（燃料電池）14 が電氣的に直列に接続され、正極側ターミナルプレート 16 a から発電電流 I_f が出力される。

【0055】

この場合、各発電セル 14 で発生した電圧（セパレータ 24 と 22 間の電圧）の電圧値 V_c は、電圧センサとしても機能する制御部 60 に図示しない電線を介して取り込まれる。

【0056】

正極側ターミナルプレート 16 a から出力された発電電流 I_f は、電流センサ 68 を通じ、負荷制御器 70 を介して走行用モータを含む負荷 72、及び補機（コンプレッサ 102、切替バルブ 118、各種バルブ等）に供給される。

【0057】

10

20

30

40

50

この発電電流 I_f の電流値（符号は I_f を使用する。）は、電流センサ 68 により検出され、制御部 60 に取り込まれる。制御部 60 では、各発電セル 14 の電圧値 V_c を加算することで燃料電池スタック 12 の発電電圧 V_s （ターミナルプレート 16 a、16 b 間の電圧）を計算し、発電電力を $V_s \times I_f$ として管理する。

【0058】

一方のエンドプレート 18 a には、各発電セル 14 の酸化剤ガス流路 46 に酸化剤ガス供給連通孔 30 a を通じて空気を供給するための空気供給口 78 a と、発電セル 14 から排出される未使用の酸素を含む空気を酸化剤ガス排出連通孔 30 b を介して排出するための空気排出口 78 b と、冷却媒体供給口 112 a が設けられる。

【0059】

他方のエンドプレート 18 b には、各発電セル 14 の燃料ガス流路 48 に燃料ガス供給連通孔 34 a を介して水素ガスを供給するための水素供給口 76 a と、発電セル 14 から排出される未使用の水素ガスを含む排ガスを燃料ガス排出連通孔 34 b を介して排出するための水素排出口 76 b と、冷却媒体の排出口 112 b とが設けられる。

【0060】

燃料ガス供給系 62 は、燃料電池スタック 12 に燃料ガスを供給する水素供給流路 82 と、燃料電池スタック 12 から未使用の燃料ガスを含む排ガスを排出する水素排出流路 83 と、排出ガス（水素含有ガス）を水素供給流路 82 の途上に戻して燃料電池スタック 12 に供給するための水素循環流路 84 とを備える。

【0061】

水素供給流路 82 には、高圧水素を貯留する水素タンク 86 と、水素タンク 86 から水素供給バルブ（ノーマルクローズのオンオフバルブ）87 を通じて供給される燃料ガスの圧力を減圧するレギュレータ 88 と、減圧された燃料ガスを燃料電池スタック 12 に供給するとともに、水素循環流路 84 から排ガスを吸引して燃料電池スタック 12 に戻すためのエゼクタ 90 と、燃料電池スタック 12 に供給される燃料ガスの圧力を検出する圧力センサ 92 とが設けられる。圧力センサ 92 により検出された燃料ガスの圧力値 P_h は、制御部 60 に取り込まれる。

【0062】

水素排出流路 83 には、燃料電池スタック 12 から排出される排ガスを廃棄するためのパージバルブ 94 が設けられる。

【0063】

酸化剤ガス供給系 64 は、燃料電池スタック 12 に酸化剤ガス（空気）を供給する空気供給流路 98 と、燃料電池スタック 12 から排出される未使用の空気を含む排ガスを外部に廃棄するための空気排出流路 100 とを備える。

【0064】

空気供給流路 98 には、空気を圧縮して出力するためのコンプレッサ 102 と、コンプレッサ 102 から出力され高温化された圧縮空気を冷却する冷却装置としてのインタークーラ 104 と、冷却された圧縮空気に水分を与えて加湿空気として供給する加湿器 103 と、インタークーラ 104 及び加湿器 103 を通じて供給される低温化された加湿空気とコンプレッサ 102 から直接供給される高温の乾燥空気の混合割合を制御する切替バルブ 105 と、高温乾燥空気の直接供給流路 101 と、燃料電池スタック 12 に供給される酸化剤ガス（空気）の圧力を検出する圧力センサ 109 とが設けられる。圧力センサ 109 により検出された酸化剤ガスの供給圧力値 P_{in} は制御部 60 に取り込まれる。

【0065】

空気排出流路 100 には、燃料電池スタック 12 の空気出口温度を検出する温度センサ 106 と、空気出口圧力を検出する圧力センサ 107 と、燃料電池スタック 12 に供給される酸化剤ガスの圧力を制御するための圧力調整バルブ 108 とが設けられる。温度センサ 106 と圧力センサ 107 によりそれぞれ検出された空気出口温度値 T_a と空気出口圧力値 P_{out} は、制御部 60 に取り込まれる。

【0066】

10

20

30

40

50

制御部 60 は CPU (Central Processing Unit) を有し、演算・制御・記憶・処理手段として機能する他、計時手段としてのタイマとしても機能する。

【0067】

この制御部 60 には、燃料電池システム 10 のイグニッションスイッチとして機能する起動スイッチ 138 や図示していないアクセルの開度を示すアクセル開度センサも接続されている。発電停止信号検知器としても機能する制御部 60 に対して、起動スイッチ 138 からオン状態に対応する発電開始信号 ($I_g = 1$) が供給されることで発電運転の開始処理がなされ、オフ状態に対応する発電停止信号 ($I_g = 0$) が供給されることで発電運転の停止処理がなされる。なお、この実施形態において、発電停止信号 ($I_g = 0$) は、この信号の入力を契機として後述する掃気処理が行われるので、広い意味では掃気信号と言える。

10

【0068】

この場合、起動スイッチ 138 とは別に、掃気信号出力スイッチを設けて制御部 60 に接続し、その掃気信号出力スイッチがオン状態となったときに掃気信号が入力されたとして、例えば一時停車中のアイドリング時等にも掃気処理ができるように構成を変更してもよい。

【0069】

したがって、制御部 60 は、発電停止信号検知器の意味を含む広い意味での掃気信号検知器としても機能する。なお、この実施形態では、上記したように、制御部 60 は、発電停止信号検知器として機能している。

20

【0070】

そして、制御部 60 の CPU は、各種入力 (起動スイッチ 138 からの信号 I_g 、及び各セル電圧値 V_c 、発電電流値 I_f 、空気供給圧力値 P_{in} 、空気出口圧力値 P_{out} 、水素入口圧力値 P_h 、空気出口温度 T_a 等) に対応して、プログラムを実行することで、コンプレッサ 102 の回転数、レギュレータ 88 の開度、切替バルブ 105 の切替位置、負荷制御器 70 の制御等を行い、所定の発電電流 I_f を発生して負荷制御器 70 に供給するとともに、燃料電池システム 10 全体を統括して制御する。

【0071】

この実施形態に係る燃料電池システム 10 は、基本的には、以上のように構成されかつ動作するものであり、次に、この燃料電池システム 10 のより詳しい動作について、図 3

30

【0072】

まず、ステップ S1 において、ユーザの操作により起動スイッチ 138 がオフ状態からオン状態にされると ($I_g = 0 \rightarrow 1$)、ステップ S2 において、燃料電池システム 10 が始動され燃料電池スタック 12 の通常発電運転が行われる。

【0073】

この通常発電運転の継続時には、燃料ガス供給系 62 において、水素タンク 86 から供給される燃料ガスが、レギュレータ 88 を介して所定の圧力に調整され、エゼクタ 90 を介し水素供給流路 82 を通じて燃料電池スタック 12 の水素供給口 76a に供給される。

【0074】

水素供給口 76a に供給された燃料ガスは、各発電セル 14 を構成する燃料ガス供給連通孔 34a を通じて燃料ガス流路 48 に沿ってアノード電極 20a に供給されアノード電極 20a に沿って移動後、水分を含む未使用の水素ガスを含む排ガスは、燃料ガス排出連通孔 34b を通じ水素排出口 76b から水素排出流路 83 に排出されて水素循環流路 84 に送られる。

40

【0075】

水素循環流路 84 に排出された排ガスは、エゼクタ 90 の吸引作用下に、水素供給流路 82 の途上に戻された後、再度、燃料電池スタック 12 内に燃料ガスとして供給される。この燃料ガスは、水分を含むガス、すなわち加湿ガスになっている。

【0076】

50

一方、空気は、外気が圧縮された圧縮空気としてコンプレッサ102から供給され、通常運転時には、切替バルブ105を介し、インタークーラ104、加湿器103を通じて低温化された加湿空気（加湿ガス）が空気供給流路98に供給される。

【0077】

この空気、すなわち酸化剤ガスは、空気供給口78aから各発電セル14を構成する酸化剤ガス供給連通孔30aを通じ酸化剤ガス流路46に沿ってカソード電極20cに供給されカソード電極20cに沿って移動後、未使用の空気を含む排ガスが、酸化剤ガス排出連通孔30bを通じ空気排出口78bから空気排出流路100に排出される。

【0078】

これにより、各発電セル14では、アノード電極20aに供給される燃料ガスである水素と、カソード電極20cに供給される酸化剤ガス中の酸素とが反応して発電が行われる。

【0079】

この発電の過程について詳しく説明すると、アノード電極20aにおいて水素ガスが水素イオン化され水素イオンと電子が発生する。水素イオンは電解質膜20b内を水分を伴ってカソード電極20c側に到達する。発生した電子は、アノード電極20aから負極側ターミナルプレート16bを通じ外部負荷（負荷制御器70、負荷72及び補機等）を介し、電流センサ68を通じ正極側ターミナルプレート16aを介してカソード電極20cに到達する。そして、電解質膜20bのカソード電極20c側で、酸素が水素イオン及び電子と結合して水になる。

【0080】

このように発電セル（燃料電池セルともいう。）14では、アノード電極20aで生成された水素イオンが電解質膜20bの中を通過してカソード電極20cに移動するときには、水の分子を同伴する。したがって、水素イオンの導電性を維持するために、電解質膜20bは、水分を含んだ湿潤の状態であることが必須の要件とされている。

【0081】

この場合、酸化剤ガス供給系64では、酸化剤ガスのガス圧力が、目標の発電電流値 I_f に基づき圧力調整バルブ108を介して所定の圧力に調整されるとともに、酸化剤ガスのガス流量がコンプレッサ102の回転数制御によって所定の流量に調整される。

【0082】

一方、燃料ガス供給系62では、水素ガスのガス圧力がレギュレータ88を介して所定の圧力に調整されるとともに、水素ガスのガス流量がエゼクタ90を介して所定の流量に調整されている。

【0083】

以上の通常発電運転が行われているときに、ステップS3に示すように、ユーザが運転を停止するために起動スイッチ138を操作し起動スイッチ138がオン状態からオフ状態に切り替えられたことが制御部60に入力される。すなわちハイレベル1からローレベル0に遷移する発電停止信号（ $I_g = 0$ ）が、制御部60により検知されると、この発電停止信号検知工程を契機として以下に示す掃気処理工程を含む発電停止時処理が行われる。

【0084】

発電停止信号（ $I_g = 0$ ）の入力を検知したとき、ステップS4において、制御部60は、水素タンク86に取り付けられている水素供給バルブ87を閉じ、水素タンク86からの新たな燃料ガスの供給を停止する燃料ガス供給停止工程を行った後、ステップS5の乾燥工程及びステップS6の加湿工程からなる掃気処理工程である、電解質膜20b及び酸化剤ガス流路46の残留水分状態の最適化処理を行う。

【0085】

この残留水分状態の最適化処理は、発電を完全に停止させる前に、各発電セル14を構成する空気の流路である酸化剤ガス流路46内の残留水分と電解質膜20bの残留水分を確認し、電解質膜20bに水分が所定量残留していて、かつ酸化剤ガス流路46内に水分

10

20

30

40

50

が残留していない最適水分残留条件を成立させる処理工程である。

【0086】

そして、最適水分残留条件が成立しているときに、次のステップS7に示す発電停止処理を行うことで、その発電停止処理がなされた時点の以降の時点で起動スイッチ138がオフ状態からオン状態に切り替えられた再起動時に、酸化剤ガス流路46内に水分が残留していないことから反応ガスの流れが阻害されないことを確実化し、また電解質膜20bに水分が残留しているので水素イオン(陽イオン)が透過し易いことを確実化し、結果として確実に正常な発電を開始することができるようにするためである。すなわち、これらステップS5以降の発電停止時処理を行うことで、水の凍結温度以下の環境でも迅速な起動が確実に遂行され、通常発電運転に直ちに移行させることができる。

10

【0087】

實際上、発電運転状況により、電解質膜20b及び酸化剤ガス流路46の残留水分状態が以下の3態様を有する可能性がある。

【0088】

(i)酸化剤ガス流路46内に液滴の水が残留している状態(電解質膜20bと酸化剤ガス流路46がともに湿潤状態)。(ii)電解質膜20b内に水分が残留している状態(電解質膜20bのみが湿潤状態)。(iii)電解質膜20bが乾燥している状態(電解質膜20bと酸化剤ガス流路46がともに乾燥状態)。そして、発電停止時には、(ii)の状態(最適水分残留条件・最適停止条件)で停止されていることが好ましい。

【0089】

この実施形態において、上記(ii)の最適水分残留条件は、第1に、酸化剤ガス流路46内に水分が残留しているかどうかを判定するために、空気の供給圧力値 P_{in} と排出圧力値 P_{out} との圧力差(圧力損失) ($= P_{in} - P_{out}$)が所定圧力値(閾値) P 以下の値になっているかどうかで判定している(P)。第2に、電解質膜20bの湿潤状態を判定するために、電解質膜20bの膜抵抗値 R_m が、閾値である所定膜抵抗値(閾値) R_t 以下の値であるかどうかで判定している($R_m < R_t$)。

20

【0090】

図4は、発電セル14の内部残留水分が少ない状態(乾燥状態)から多い状態(加湿状態)に変化した場合の圧力差と膜抵抗値 R_m の変化特性を示している。圧力差は、発電セル14を構成する酸化剤ガス流路46内の残留水分が多い場合に大きな値となり、少なくなるにしたがい小さな値になる。その一方、膜抵抗値 R_m は、電解質膜20b内の残留水分が少ない場合に大きな値となり、多くなるにしたがい小さな値となる。

30

【0091】

図4中に、上述した判定基準である所定圧力値 P と所定膜抵抗値 R_t を記載している。したがって、この実施形態において、発電停止時における最適水分残留条件範囲は、所定膜抵抗値 R_t と膜抵抗値 R_m との交点から所定圧力値 P と圧力差との交点までの範囲になる。

【0092】

次に、上記のステップS3以降～ステップS7までの処理例について、図5の波形図をも参照して説明する。

40

【0093】

図5の(a)に示すように、時点 t_0 において、ハイレベル1からローレベル0に遷移する発電停止信号($I_g = 0$)が、制御部60により検知されると(ステップS3)、発電停止時処理が実行開始され、制御部60は、図5の(b)に示すように、直ちに、水素タンク36に取り付けられている水素供給バルブ87を閉じ、水素タンク36から燃料ガスである水素ガスの新たな供給を停止する(ステップS4)。

【0094】

ステップS2の通常発電運転中において、各電解質膜20b(電解質膜・電極構造体20)の水分含有量は、図6に示すように、ガス入口(酸化剤ガス供給連通孔30a、燃料ガス供給連通孔34a)からガスの下流に向かってガス出口(酸化剤ガス排出連通孔30

50

b、燃料ガス排出連通孔34b)まで、水分含有量がW2からW5に増加する湿潤分布状態となっており、しかも全体としてかなりの水分含有量になっている。したがって、ガス流路、特に酸化剤ガス流路46にも水分が残留した状態となっている。

【0095】

そこで、停止時処理として、まず、ステップS5において、余剰水分を除去するために、乾燥工程が実行され、ステップS5中、ステップS5aにおいて、乾燥ガスによる乾燥処理が行われる。

【0096】

このため、時点t0において、空気の切替バルブ105により空気の流路を加湿器103側流路から直接供給流路101側に切り替えるとともに、圧力調整バルブ108を開放し、コンプレッサ102の回転数を最大にする。これにより、図5の(d)に示すように、酸化剤ガスは、加湿ガスから高温の乾燥ガスとされる。すなわち、乾燥器として機能するコンプレッサ102から、インタークーラ104と加湿器103を迂回して、直接供給流路(迂回路)101を通じて直接的に供給される高温の乾燥された最大ガス流量の空気(高温乾燥ガス)が、空気供給流路98を通じて空気供給口78aに供給される。

【0097】

この高温の乾燥空気は、空気供給口78aから酸化剤ガス供給連通孔30aを通じ、各発電セル14の酸化剤ガス流路46に沿って移動し酸化剤ガス排出連通孔30bを介して空気排出口78bから排出され、さらに空気排出流路100を通じ圧力調整バルブ108を通じて車外の外気に排出される。このとき、酸化剤ガス流路46の残留水分が乾燥ガスにより空気排出口78bから空気排出流路100に排出される(パージされる)とともに、酸化剤ガス流路46が乾燥される、すなわち乾燥掃気(乾燥パージ)が行われる。

【0098】

なお、酸化剤ガス流路46に乾燥ガスが供給されているとき、燃料ガス流路48には、図5の(c)に示すように、時点t1までの間、エゼクタ90により水素ガスが循環されているので、各発電セル14では、所定の発電が継続されている。すなわち、時点t0において、水素排出口76b、水素排出流路83を通じてエゼクタ90に供給された循環水素は、このエゼクタ90から、時点t1まで燃料電池スタック12に供給される。

【0099】

図5の(c)に示す、水素ガスの圧力は、水素供給口76aで圧力センサ92により検出した圧力であり、時点t0で水素タンク86からの水素ガスの供給が停止されているので、水素ガスの圧力は、その時点t0から徐々に低下し、時点t1における所定圧力値で安定するように設計されている。なお、この所定圧力値は大気圧より高い圧力に設計されている。時点t0以降、パージバルブ94が開かれることはないので、燃料ガス流路48内のガス圧力値が大気圧より高い圧力となった状態が保持される。このようにして、ステップS5の乾燥工程が遂行される。

【0100】

すなわち、図5の(d)に示すように、時点t0までは、燃料ガスと加湿された酸化剤ガスが反応ガス流路46、48に供給され、時点t0以降時点t4まで、燃料ガスと高温で乾燥した酸化剤ガスが反応ガス流路46、48に供給される。この時点t0~t4までの時間は掃気期間あるいはパージ期間と呼ばれる。

【0101】

時点t0において、さらに、ステップS5bの乾燥程度判定処理が行われる。この乾燥程度判定処理では、乾燥工程中に、電解質膜20bの乾燥程度を検知し、所定の乾燥程度に達したかが判定される。

【0102】

この電解質膜20bの乾燥程度は、この実施形態では、電解質膜20bの膜抵抗値Rmに基づき判定している。

【0103】

この膜抵抗値Rmは、負荷制御器70内部で負荷の値、たとえば抵抗値を間欠的(パル

10

20

30

40

50

的)に小さくすることで(負荷を大きくすることで)、図5の(e)に示すように、発電電流値 I_f をパルス的に増減させる。

【0104】

このとき、発電電流値 I_f の変動電流値 I_f を計算し、さらに、図5の(f)に示すように、セル電圧 V_c の対応する変動電圧値 V_c を計算して、膜抵抗値 R_m を $R_m = V_c / I_f$ (図5の(g)参照)として求める。

【0105】

そして、求めた膜抵抗値 R_m が、閾値である所定膜抵抗値(閾値) R_t を超える値であるかどうかを判定する($R_m > R_t$)。なお、膜抵抗値 R_m は、負荷を正弦的に変化させることで交流インピーダンスとしても求めることができる。

10

【0106】

この時点 t_0 近傍では、電解質膜 20b が十分な湿潤状態にあるので、膜抵抗値 R_m の値は、所定抵抗値 R_t 以下の値となっている。

【0107】

この時点 t_0 近傍では、ステップ S5b の判定が成立しないので、以降、ステップ S5b の判定が成立するまで、ステップ S5a の乾燥ガス処理及びステップ S5b の乾燥程度判定処理、すなわちステップ S5 の乾燥工程が継続される。

【0108】

この実施例では、乾燥ガスの投入の継続により、時点 t_3 以降において膜抵抗値 R_m が上昇し、時点 t_4 において、膜抵抗値 R_m が所定膜抵抗値 R_t になり、ステップ S5b の乾燥程度判定処理が成立する。

20

【0109】

なお、乾燥程度判定処理は、図5の(h)に模式的に示すように、電解質膜 20b の膜抵抗値 R_m の時間微分値 R_m' に基づき判定することもできる。この場合には、膜抵抗値 R_m の時間微分値 R_m' が所定微分値 R_t' を超えたかどうかで判定する($R_m' > R_t'$)。

【0110】

なお、ステップ S5b の電解質膜 20b の乾燥程度は、反応ガス流路の供給口と吐出口との間のガス圧力差に基づき判定することもできる。例えば、酸化剤ガス流路 46 内に水分が残留しているかどうかを判定するために、空気供給口 78a の供給圧力値 P_{in} と、空気排出口 78b の排出圧力値 P_{out} を、圧力センサ 109、107 を通じてそれぞれ測定し、ガス圧力差(圧力損失) ($= P_{in} - P_{out}$) を計算し、計算したガス圧力差 ΔP が所定圧力値(閾値) P 以下の値になっているかどうかを判定する($\Delta P < P$)。

30

【0111】

図5の(i)に示すように、時点 t_0 では、酸化剤ガス流路 46 内に余剰水分が残留しているので、ガス圧力差 ΔP は、所定圧力値 P より大きい値になっている。酸化剤ガス流路 46 に乾燥ガスを投入することで、酸化剤ガス流路 46 の残留水分のパージ処理が行われる。

【0112】

時点 t_2 において、ガス圧力差 ΔP が所定圧力値 P 以下の値となることが判定されるので、予め定めた時間 T_{24} 経過後の時点 t_4 に乾燥ガスの供給を停止することで、その時点 t_4 で電解質膜 20b の膜抵抗値 R_m が所定膜抵抗値 R_t になっていると推定される。

40

【0113】

なお、電解質膜 20b の乾燥程度は、図5の(j)に示すように、ガス圧力差 ΔP の時間微分値 $\Delta P'$ に基づき判定することもできる。時点 t_3 において、時間微分値 $\Delta P'$ が所定微分値 P' となるので、予め定めた時間 T_{34} の経過後の時点 t_4 に乾燥ガスの供給を停止することで、その時点 t_4 で電解質膜 20b の膜抵抗値 R_m が所定膜抵抗値 R_t になっていると推定される。

【0114】

50

ステップ S 5 の乾燥工程が終了した時点 t 4 において、各電解質膜 2 0 b (電解質膜・電極構造体 2 0) は、図 7 の水分含有量を模式的に示すように、ガス入口 (酸化剤ガス供給連通孔 3 0 a、燃料ガス供給連通孔 3 4 a) からガスの下流に向かってガス出口 (酸化剤ガス排出連通孔 3 0 b、燃料ガス排出連通孔 3 4 b) まで、水分含有量が W 1 から W 3 に増加する分布状態となっているが、全体として乾燥した少ない水分含有量になっている ($W 1 < W 2 < W 3 < W 5$)。

【 0 1 1 5 】

そこで、ステップ S 5 の乾燥工程が終了した時点 t 4、すなわちステップ S 5 b の乾燥程度判定処理が成立したとき、次に電解質膜 2 0 b を一定程度 (均一) に加湿する加湿工程 S 6 を構成するステップ S 6 a の加湿ガス処理が実施される。

10

【 0 1 1 6 】

加湿ガス処理を行うため、図 5 の (d) 等に示すように、時点 t 4 において、空気の切替バルブ 1 0 5 により空気の流路を直接供給流路側から加湿器 1 0 3 側流路に切り替えて、時点 t 5 までの所定時間 T 4 5 の間、加湿された酸化剤ガスと加湿された水素ガスをそれぞれ、反応ガス流路 4 6、4 8 に供給する、加湿掃気 (加湿パージ) を行う。

【 0 1 1 7 】

乾燥ガスを膜抵抗値 R m が一定値 R t となるまで供給し、その後一定時間 T 4 5 だけ加湿ガスを供給しているので、ステップ S 6 b の加湿程度判定処理は、時点 t 4 以降の加湿時間が所定時間 T 4 5 経過した時点で加湿程度が適正と判定される。

【 0 1 1 8 】

なお、加湿工程では、加湿ガス処理 S 6 a に代替して、図 5 の (e) の時点 t 4 ~ t 5 での点線に示すように、負荷制御器 7 0 に接続される負荷を大きくした一定負荷 (発電電流値 p I f) とすることで、例えば乾燥ガス供給のままでも、発電セル 1 4 が発電することにより電解質膜 2 0 b を加湿し所定の湿潤状態にすることができる。

20

【 0 1 1 9 】

ステップ S 6 の乾燥工程が終了した時点 t 5 において、各電解質膜 2 0 b (電解質膜・電極構造体 2 0) は、図 8 に水分含有量を模式的に示すように、ガス入口 (酸化剤ガス供給連通孔 3 0 a、燃料ガス供給連通孔 3 4 a) からガスの下流に向かってガス出口 (酸化剤ガス排出連通孔 3 0 b、燃料ガス排出連通孔 3 4 b) まで、水分含有量が所望の量 W 4 でかつ均一な分布状態となっている ($W 1 < W 2 < W 3 < W 4 < W 5$)。

30

【 0 1 2 0 】

次に、ステップ S 7 の発電停止処理では、時点 t 5 に、コンプレッサ 1 0 2 の停止等、全ての補機の動作を停止させる。したがって、時点 t 5 以降において、圧力差 はゼロ値となる。なお、時点 t 5 以降、制御部 6 0 は、いわゆるスリープ状態になる。なお、時点 t 0 で、図 5 の (a) に示すハイレベルからローレベルに遷移する発電停止信号 (I g = 0) の入力を、制御部 6 0 が検知したとき、その時点 t 0 で、制御部 6 0 は、図 5 の (b) に示したように水素供給バルブ 8 7 を閉じることなく、水素タンク 8 6 から水素ガスの供給を継続するようにし、図 5 の (d) に示す酸化剤ガスの供給を停止する時点 t 5 あるいは時点 t 4 で、制御部 6 0 は、水素供給バルブ 8 7 を閉じて水素ガスの供給を停止するようにしてもよい。

40

【 0 1 2 1 】

ただし、上記したように、時点 t 0 で水素タンク 8 6 からの水素ガスの供給を停止する (図 5 の (b) 参照) あるいは少なくすることで、この時点 t 0 以降で、発電セル 1 4 における化学反応が不活性化する方向に向かい、水分の生成が少なくなり、その分、起動スイッチ 1 3 8 をオフ状態にした時点 t 0 からの乾燥ガスの掃気期間 T 0 2、すなわち乾燥時間を短くすることができる。

【 0 1 2 2 】

図 9 は、この発明の他の実施形態の燃料電池システム 1 0 A の構成を示している。この燃料電池システム 1 0 A では、図 1 例の燃料電池システム 1 0 に対して、燃料ガス供給系 6 2 側のレギュレータ 8 8 とエゼクタ 9 0 との間に加湿器 1 5 0 とヒータ 1 5 2 とこれら

50

を切り替える切替バルブ 154 を設けている。

【0123】

この他の実施形態に係る燃料電池システム 10A では、時点 t_0 までの通常発電時には、酸化剤ガス供給系 64 では、コンプレッサ 102 からの高温の圧縮空気がインタークーラ 104、加湿器 103、及び空気供給流路 98 を通じて低温化され加湿された酸化剤ガスとして反応ガス流路 46 に供給されるとともに、燃料ガス供給系 62 では、水素タンク 86 から供給される燃料ガスが加湿器 150 を通じて加湿され、この加湿された燃料ガスがエゼクタ 90、水素供給流路 82 を通じて反応ガス流路 48 に供給される。

【0124】

次に、時点 t_0 から t_4 の間では、酸化剤ガス供給系 64 では、コンプレッサ 102 から供給される高温の乾燥した酸化剤ガス（高温乾燥ガス）が、直接供給流路 101 及び空気供給流路 98 を通じて反応ガス流路 46 に供給される一方、燃料ガス供給系 62 では、水素タンク 86 から供給される燃料ガスが、ヒータ 152 を通じ、高温かつ乾燥したガスとされ、エゼクタ 90 及び水素供給流路 82 を介して反応ガス流路 48 に供給される。

【0125】

次いで、時点 t_4 から t_5 の間では、酸化剤ガス供給系 64 では、コンプレッサ 102 からの高温の圧縮空気が、インタークーラ 104、加湿器 103 及び空気供給流路 98 を通じて低温化され加湿された酸化剤ガスとして反応ガス流路 46 に供給されるとともに、水素タンク 86 から供給される燃料ガスが加湿器 150 を通じて加湿され、この加湿された燃料ガスがエゼクタ 90、水素供給流路 82 を通じて反応ガス流路 48 に供給される。これにより、電解質膜 20b が所望の均一な湿潤状態に保持される。

【0126】

図 10 は、この発明のさらに他の実施形態の燃料電池システム 10B の構成を示している。この燃料電池システム 10B では、掃気ガスとして、化学的に安定なガス、ここでは、窒素ガスを用いる。そして、オンオフバルブ 172、174、176、178、180 が設けられ、さらに窒素タンク 160 の排出口に加湿器 162 とヒータ 164 が並列に設けられる。

【0127】

このさらに他の燃料電池システム 10B では、時点 t_0 までの通常発電時には、バルブ 174、176、178、180 は閉じられて遮断状態とされ、バルブ 172 は開かれて連通状態とされる。また、ヒータ 164 及び加湿器 162 は、ともに非作動状態とされる。

【0128】

そして、非作動状態において、低温の加湿された酸化剤ガスが、インタークーラ 104、加湿器 103、及び空気供給流路 98 を通じて反応ガス流路 46 に供給されるとともに、水素タンク 86 から供給される燃料ガスが加湿器 150 を通じて加湿され、この加湿された燃料ガスがエゼクタ 90、水素供給流路 82 を通じて反応ガス流路 48 に供給されることが発電が行われる。

【0129】

次に、発電停止信号 ($I_g = 0$) が入力された時点 t_0 から t_4 の間では、コンプレッサ 102 が非作動状態とされ、さらに、バルブ 172 とバルブ 87 が閉じられて、酸化剤ガスと燃料ガスの供給が遮断される。

【0130】

このときバルブ 178 が閉じられる一方、バルブ 174、176、180 が開かれ、かつヒータ 164 が作動状態とされる。これにより、窒素タンク 160 から供給される窒素ガスが、高温乾燥ガスとして、空気供給流路 98 及び水素供給流路 82 を通じてそれぞれ反応ガス流路 46 及び反応ガス流路 48 に供給される。この場合、発電セル 14 において発電が行われないので、水分が発生せず、乾燥掃気を短時間で行うことができる。

【0131】

次いで、時点 t_4 から t_5 の間では、ヒータ 164 が非作動状態にされるとともにバル

ブ 1 8 0 が閉じられる一方、加湿器 1 6 2 が作動状態にされるとともにバルブ 1 7 8 が開かれる。これにより、窒素タンク 1 6 0 から供給される窒素ガスが、加湿ガスとして、空気供給流路 9 8 及び水素供給流路 8 2 を通じて、それぞれ反応ガス流路 4 6 及び反応ガス流路 4 8 に供給される。これにより、電解質膜 2 0 b が所望の均一な湿潤状態に保持される。

【 0 1 3 2 】

このように上述した実施形態によれば、発電停止処理時に、乾燥ガスを反応ガス流路 4 6、4 8 に通じて電解質膜 2 0 b を所定の乾燥程度まで乾燥させるとともに、反応ガス流路 4 6、4 8 から水分を除去し、その後、電解質膜 2 0 b を一定時間加湿するようにしているため、停止時には、反応ガス流路 4 6、4 8 には水分がなく、かつ電解質膜 2 0 b が所望の均一な湿潤状態に保持された最適水分残留条件が成立している。

10

【 0 1 3 3 】

したがって、任意の時間放置された後、いわゆるソーク後の再起動時には、反応ガス流路 4 6、4 8 に水分が残留していないので反応ガスの流れが阻害されることがなく、また、電解質膜 2 0 b には適量の水分が均一に残留しているため、陽イオンが透過し易くなり、良好に発電が開始される。すなわち、再起動時に十分な負荷を印加することが可能となって始動性が向上する。また、水の凍結温度以下の環境でも迅速な始動が確実に遂行され、直ちに通常運転に移行することができる。

【 0 1 3 4 】

実際に、再起動時の始動性に関し、最適水分残留条件が成立した場合、最適水分残留条件が非成立で酸化剤ガス流路 4 6 の残留水分が多い場合、及び最適水分残留条件が非成立で電解質膜 2 0 b が乾燥状態にある場合のそれぞれの場合についての実験例を図 1 1 及び図 1 2 に示す。

20

【 0 1 3 5 】

図 1 1 の特性 2 0 1 から分かるように、停止時に最適水分残留条件が成立して再起動した場合には、各発電セル 1 4 の電圧が安定し発電電流値 I_f は、直ちに所望の電流値に達するが、停止時に残留水分が多い場合には、特性 2 0 2 に示すように、再起動した場合、各発電セル 1 4 の電圧が安定せず発電電流 I_f の上昇が緩やかで、時点 t_a で発電が停止してしまっていることが分かる。発電が停止してしまった状態において、酸化剤ガス流路 4 6 内は、ほとんど水で満たされた状態になっている。また、特性 2 0 3 に示すように、停止時に乾燥状態であった場合には、再起動時には、発電電流 I_f がなかなか上昇せず、所望の電流値に達するまでの時間がきわめて長い時間となってしまう。

30

【 0 1 3 6 】

また、図 1 2 から分かるように、氷点下以下の温度で再起動した場合において、冷却媒体流路 5 0 に冷却媒体を流し、エンドプレート 1 8 b 側の冷却媒体排出口において温度センサにより検出した冷却媒体の出口温度 T_w は、特性 2 1 1 から分かるように、最適水分残留条件が成立して再起動した場合には、比較的短い時間で所定温度に到達する、すなわち低温起動時間が短縮されるが、停止時に残留水分が多い場合及び停止時に乾燥状態の場合、及び再起動時には、それぞれ特性 2 1 2、2 1 3 に示すように、冷却媒体の温度がなかなか上昇しないということが分かる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 3 7 】

【 図 1 】 この発明の実施形態が適用された燃料電池システムのブロック図である。

【 図 2 】 発電セル内の酸化ガス、冷却媒体及び燃料ガスの流れ方の説明図である。

【 図 3 】 図 1 例の燃料電池システムの動作説明に供されるフローチャートである。

【 図 4 】 最適水分残留条件成立範囲の説明図である。

【 図 5 】 停止時処理の説明用波形図である。

【 図 6 】 発電中における電解質膜の水分含有量の面内分布を示す模式図である。

【 図 7 】 乾燥ガスを用いた掃気後の電解質膜の水分含有量の面内分布を示す模式図である。

50

【図8】加湿ガスを用いた掃気後の電解質膜の水分含有量の面内分布を示す模式図である。

【図9】この発明の他の実施形態が適用された燃料電池システムのブロック図である。

【図10】この発明のさらに他の実施形態が適用された燃料電池システムのブロック図である。

【図11】停止後、再起動時における残留水分の違いに基づく発電電流特性の違いの実験例を示す特性図である。

【図12】停止後、再起動時における残留水分の違いに基づく冷却媒体の温度上昇特性の違いの実験例を示す特性図である。

【符号の説明】

【0138】

10、10A、10B...燃料電池システム

12...燃料電池スタック

14...発電セル

20...電解質膜・電極構造体

20a...アノード電極

20b...固体高分子電解質膜(電解質膜)

20c...カソード電極

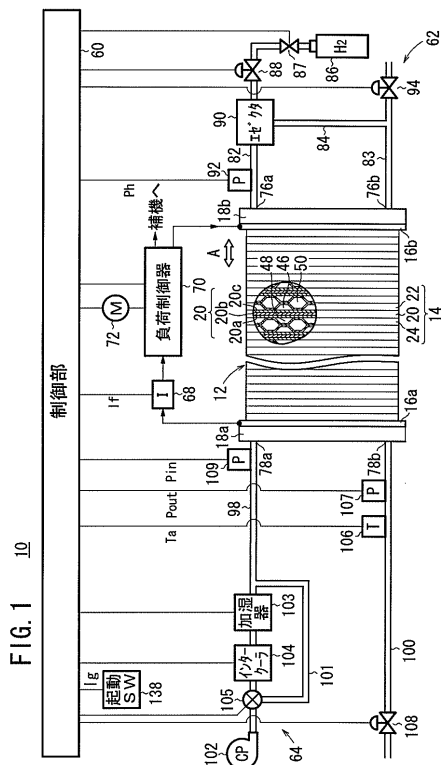
22、24...セパレータ

46...酸化剤ガス流路

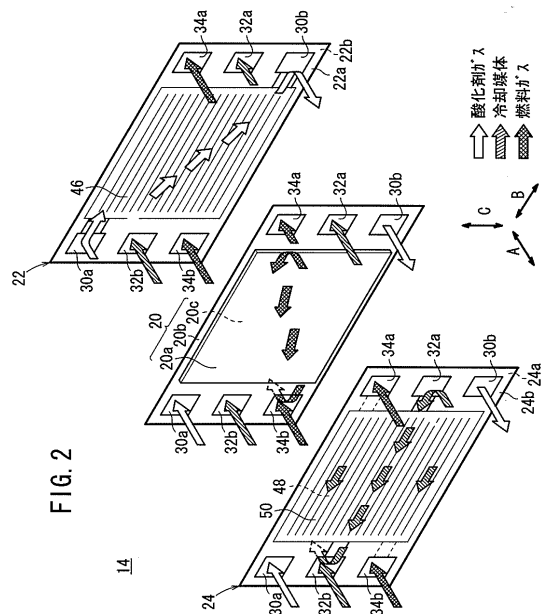
48...燃料ガス流路

60...制御部

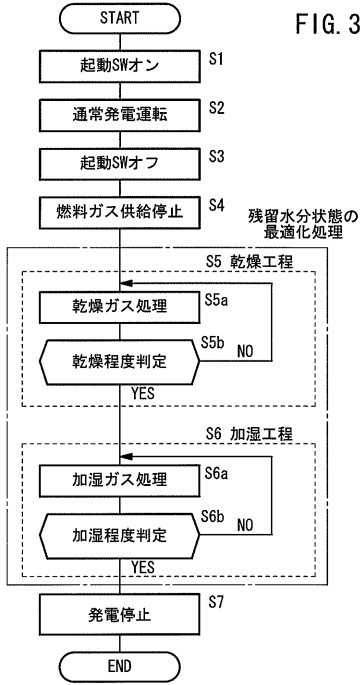
【図1】



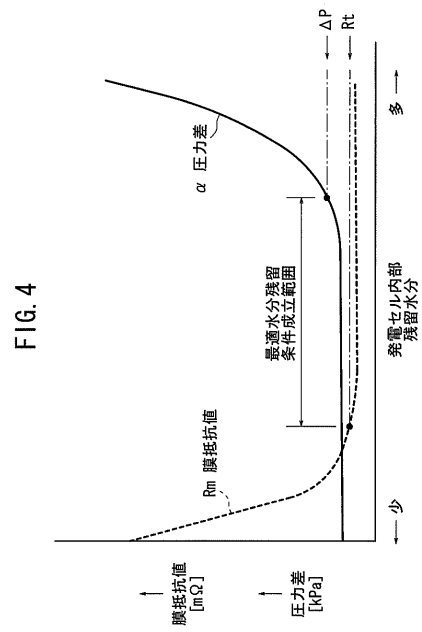
【図2】



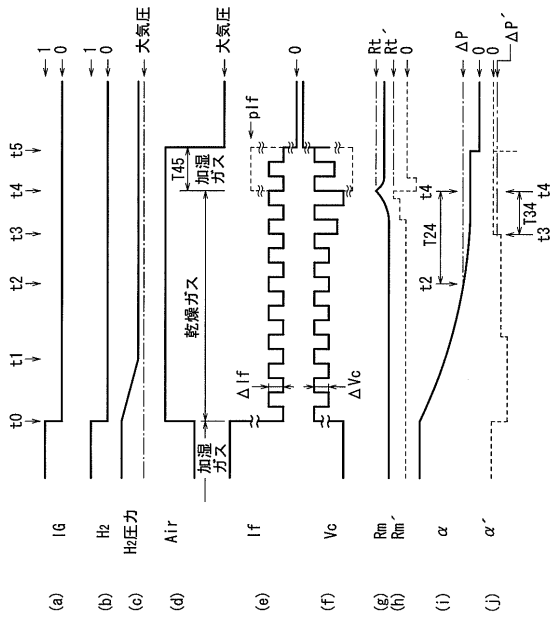
【 図 3 】



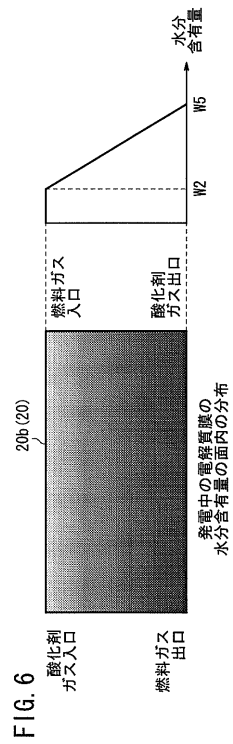
【 図 4 】



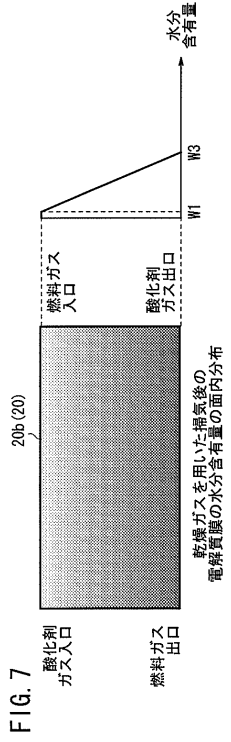
【 図 5 】



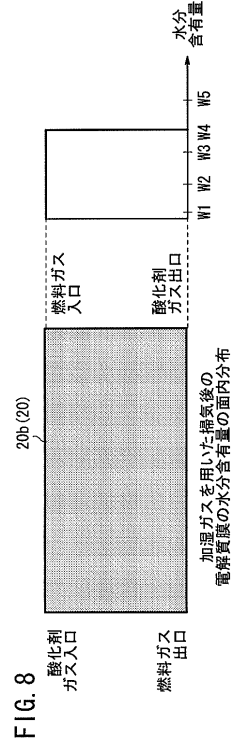
【 図 6 】



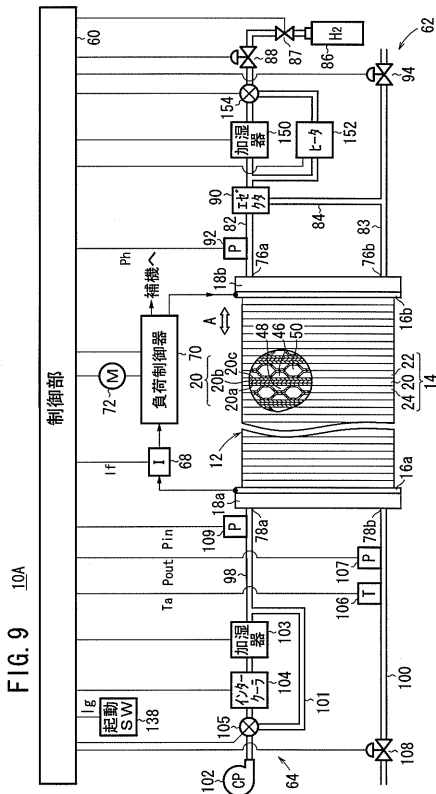
【 図 7 】



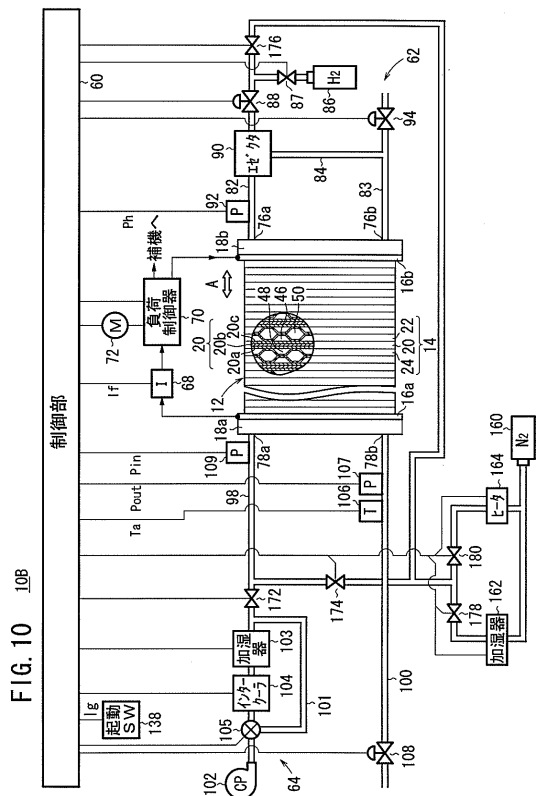
【 図 8 】



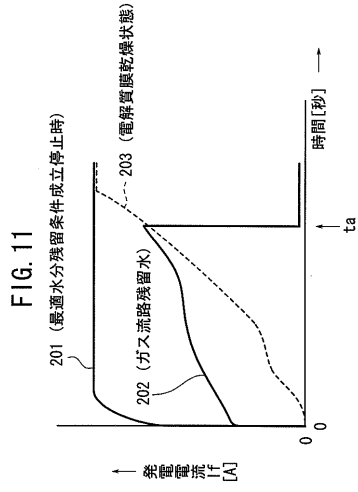
【 図 9 】



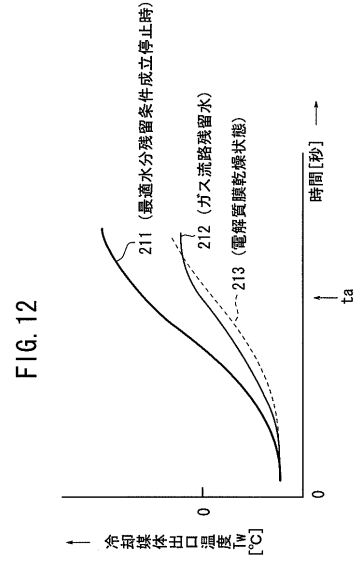
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 松本 伸之
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 稲井 滋
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 加藤 英男
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 林 勝美
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- Fターム(参考) 5H026 AA06 CX05
5H027 AA06 KK11