

(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2012-209154

(P2012-209154A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>HO 1 M 8/04 (2006.01)</b>	HO 1 M 8/04	Z 5HO26
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/04	Y 5HO27
	HO 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2011-74533 (P2011-74533)  
 (22) 出願日 平成23年3月30日 (2011. 3. 30)

(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  
 (72) 代理人 100077665  
 弁理士 千葉 剛宏  
 (74) 代理人 100116676  
 弁理士 宮寺 利幸  
 (74) 代理人 100149261  
 弁理士 大内 秀治  
 (72) 発明者 上田 健一郎  
 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 山崎 薫  
 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】 燃料電池システムを制御する制御装置

(57) 【要約】

【課題】単一の燃料ガス濃度センサによりクロスリークを精度よく検出することが可能な燃料電池システムを制御する制御装置を提供する。

【解決手段】燃料電池20のカソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モード中に、換言すれば、カソードからアノードにクロスリークした水素がカソードで燃焼されにくい状況下で、カソード排ガス中の水素濃度Dhを検出するようにしたので、僅かなリークでもカソード排気中の水素濃度Dhが上昇しやすくなる結果、単一の水素濃度センサ75により水素のクロスリークを精度よく検出することができる。

【選択図】 図1

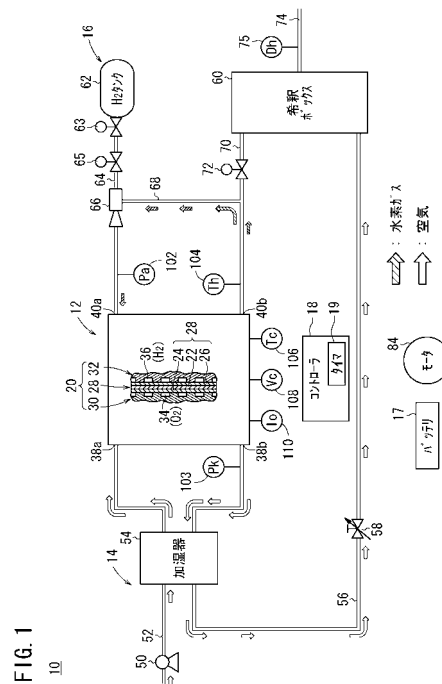


FIG. 1  
10

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

カソード側に供給される酸化剤ガスとアノード側に供給される燃料ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、

前記燃料電池に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置と、

前記燃料電池に前記燃料ガスを供給する燃料ガス供給装置と、

前記カソードから排出されるカソード排ガス中の前記燃料ガスの濃度を検出する燃料ガス濃度センサと、

を備える燃料電池システムを制御する制御装置において、

前記制御装置は、

前記燃料電池の前記カソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モードを備え、

前記酸素リーン発電モード中に前記燃料ガス濃度センサにより検出される前記燃料ガスの濃度が、予め定められる閾値以上の場合に、前記燃料電池にクロスリークが発生していると判定するクロスリーク判定手段を備える

ことを特徴とする燃料電池システムを制御する制御装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池システムを制御する制御装置において、

前記酸素リーン発電モードは、

前記燃料電池の運転停止指令を検出した際、前記燃料ガスの供給を停止する一方、前記酸化剤ガスを前記燃料電池に供給しながら、前記燃料電池を発電させる停止時発電処理を実施した後に前記燃料電池の発電を停止する停止時発電モードを備え、

20

前記クロスリーク判定手段は、

前記停止時発電モードで前記停止時発電処理が実施されているとき、前記燃料ガス濃度センサにより検出される前記燃料ガスの濃度に基づきクロスリークが発生しているか否かを判定する

ことを特徴とする燃料電池システムを制御する制御装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の燃料電池システムを制御する制御装置において、

前記燃料電池の前記カソード中の触媒は、Pt 触媒、又は Pt - Co 触媒である

30

ことを特徴とする燃料電池システムを制御する制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、酸化剤ガス及び燃料ガスの電気化学反応により発電する燃料電池を備える燃料電池システムを制御する制御装置に関し、特に、アノードに供給された燃料ガスの一部がカソード側に透過するクロスリークを好適に検出する燃料電池システムを制御する制御装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

40

燃料電池は、燃料ガス（主に水素を含有するガス、例えば、水素ガス）及び酸化剤ガス（主に酸素を含有するガス、例えば、空気）をアノード電極及びカソード電極に供給して電気化学的に反応させることにより、直流の電気エネルギーを得るシステムである。このシステムは、定置用の他、車載用として燃料電池車両に組み込まれている。

## 【0003】

例えば、固体高分子型燃料電池は、高分子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（MEA）を、一対のセパレータによって挟持している。一方のセパレータと電解質膜・電極接合体との間には、アノード電極に燃料ガスを供給するための燃料ガス流路が形成されるとともに、他方のセパレータと前記電解質膜・電極構造体との間には、カソード電極に酸化剤ガスを供給

50

するための酸化剤ガス流路が形成されている。

【0004】

上記のように、燃料電池では、アノード側の燃料ガスとカソード側の酸化剤ガスとは、電解質膜によって分離されているが、一部の燃料ガスはアノード側からカソード側に透過し、一部の酸化剤ガスは、逆にカソード側からアノード側に電解質膜を透過している。

【0005】

電解質を透過するガスの量、すなわちクロスリーク量は、電解質膜の劣化が進むにつれて増大し、燃料電池の発電性能が低下してしまう。

【0006】

したがって、燃料電池においては、クロスリーク量を把握しておくことが重要である。

10

【0007】

そこで、例えば、特許文献1に開示される燃料電池システムは、燃料電池のカソードオフガスの流れ方向に沿ってカソードオフガスの配管中に直列に第1及び第2の2つの水素濃度センサを設置し、第1の水素濃度センサによる検出濃度が所定濃度になったときから第2の水素濃度センサによる検出濃度が前記所定濃度になるまでの遅延時間を測定し、遅延時間が短い程、カソードオフガス配管中の水素濃度が高いと判定している。すなわち、電解質膜の劣化度合い、すなわちクロスリークが大きいと判定している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

20

【特許文献1】特開2005-150007号公報(図1、[0015]、[0020]~[0023])

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に係る技術では、クロスリークを検出するために複数の水素濃度センサを設置しておく必要があるため、コストが上昇するとともに、燃料電池システムが複雑な構成になるという問題がある。

【0010】

この発明はこの種の課題を考慮してなされたものであり、単一の燃料ガス濃度センサによりクロスリークを精度よく検出することが可能な燃料電池システムを制御する制御装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

この発明は、カソード側に供給される酸化剤ガスとアノード側に供給される燃料ガスとの電気化学反応により発電する燃料電池と、前記燃料電池に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置と、前記燃料電池に前記燃料ガスを供給する燃料ガス供給装置と、前記カソードから排出されるカソード排ガス中の前記燃料ガスの濃度を検出する燃料ガス濃度センサと、を備える燃料電池システムを制御する制御装置において、前記制御装置は、前記燃料電池の前記カソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モードを備え、前記酸素リーン発電モード中に前記燃料ガス濃度センサにより検出される前記燃料ガスの濃度が、予め定められる閾値以上の場合に、前記燃料電池にクロスリークが発生していると判定するクロスリーク判定手段を備えることを特徴とする。

40

【0012】

この発明によれば、前記燃料電池の前記カソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モード中に、換言すれば、カソードからアノードにクロスリークした水素がカソードで燃焼されにくい状況下で、カソード排ガス中の水素濃度を検出するようにしたので、僅かなリークでもカソード排気中の水素濃度が上昇しやすくなる結果、単一の水素濃度センサにより水素のクロスリークを精度よく検出することが

50

できる。

【 0 0 1 3 】

この場合、前記酸素リーン発電モードは、前記燃料電池の運転停止指令を検出した際、前記燃料ガスの供給を停止する一方、前記酸化剤ガスを前記燃料電池に供給しながら、前記燃料電池を発電させる停止時発電処理を実施した後に前記燃料電池の発電を停止する停止時発電モードを備え、前記クロスリーク判定手段は、前記停止時発電モードで前記停止時発電処理が実施されているとき、前記燃料ガス濃度センサにより検出される前記燃料ガスの濃度に基づきクロスリークが発生しているか否かを判定することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

停止時発電処理を行うことによりカソード側が窒素ガスで充満して劣化が防止されるが、この劣化防止処理中にカソード中の水素ガス、すなわちクロスリークガスの濃度を併せて検出することができるので効率的である。

【 0 0 1 5 】

なお、前記燃料電池の前記カソード中の触媒は、Pt触媒、又はPt-Co触媒であることを特徴とする。カソード中のPt触媒、又はPt-Co触媒は、水素を酸素と反応させて燃焼させる燃焼触媒としても機能するため、カソードガス中に十分な酸素が含まれている通常発電中は、クロスリークした水素はカソード触媒上で酸素と反応して燃焼してしまう。このときには、カソードオフガス中の水素濃度はほとんど上昇せず、水素濃度からクロスリークの発生を判定することができない。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

この発明では、燃料電池のカソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モード中に、換言すれば、カソードからアノードにクロスリークした水素がカソードで燃焼されにくい状況下で、カソード排ガス中の水素濃度を検出するようにしたので、僅かなリークでもカソード排気中の水素濃度が上昇しやすくなる結果、単一の水素濃度センサにより水素のクロスリークを精度よく検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 この発明の実施形態に係る制御装置により制御される燃料電池システムの概略構成図である。

【 図 2 】 前記燃料電池システムを構成する回路説明図である。

【 図 3 】 燃料電池システムの運転停止時の動作説明に供されるタイミングチャートである。

【 図 4 】 酸素リーン発電処理（停止時発電処理）の模式的説明図である。

【 図 5 】 クロスリーク検出の測定タイミングの説明に供されるフローチャートである。

【 図 6 】 クロスリーク検出の測定タイミングの説明に供されるタイミングチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

図 1 に示すように、この発明の実施形態に係る制御装置（制御部）としてのコントローラ 18 により制御される燃料電池システム 10 は、燃料電池スタック 12 と、燃料電池スタック 12 に酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置 14 と、燃料電池スタック 12 に燃料ガスを供給する燃料ガス供給装置 16 と、燃料電池スタック 12 に接続自由なバッテリー（蓄電装置）17 と、燃料電池システム 10 全体の制御を行う前記のコントローラ 18 とを備える。

【 0 0 1 9 】

コントローラ 18 は、マイクロコンピュータを含む計算機であり、CPU（中央処理装置）、メモリであるROM（EEPROMも含む。）、RAM（ランダムアクセスメモリ）、その他、A/D変換器、D/A変換器等の入出力装置、時計、計時部としてのタイマ 19 等を有しており、CPUがROMに記録されているプログラムを読み出し実行するこ

10

20

30

40

50

とで各種機能実現部（機能実現手段）、たとえば制御部、演算部、及び処理部等として機能する。

【0020】

燃料電池システム10は、燃料電池自動車等の燃料電池車両に搭載される。バッテリー17は、燃料電池車両を通常走行可能であり、例えば、20A、～500V程度であるとともに、後述する12V電源98よりも高電圧且つ高電力容量である。

【0021】

燃料電池スタック12は、複数の燃料電池（セル又はセルペアともいう。）20を積層して構成される。各燃料電池20は、例えば、パーフルオロスルホン酸の薄膜に水が含まれた固体高分子電解質膜22をカソード電極24とアノード電極26とで挟持した電解質膜・電極構造体（MEA）28を備える。

10

【0022】

カソード電極24及びアノード電極26は、カーボンペーパー等からなるガス拡散層と、白金合金（又はRu等）が表面に担持された多孔質カーボン粒子が前記ガス拡散層の表面に様に塗布されて形成された電極触媒層とを有する。電極触媒層は、固体高分子電解質膜22の両面に形成される。ここでカソード中の触媒としては、Pt触媒（白金触媒）、又はPt-Co触媒（白金合金触媒）であることが好ましい。

【0023】

電解質膜・電極構造体28をカソード側セパレータ30及びアノード側セパレータ32で挟持する。カソード側セパレータ30及びアノード側セパレータ32は、例えば、カーボンセパレータ又は金属セパレータで構成される。

20

【0024】

カソード側セパレータ30と電解質膜・電極構造体28との間には、酸化剤ガス流路34が設けられるとともに、アノード側セパレータ32と前記電解質膜・電極構造体28との間には、燃料ガス流路36が設けられる。

【0025】

燃料電池スタック12には、各燃料電池20の積層方向に互いに連通して、酸化剤ガス、例えば、酸素含有ガス（以下、空気ともいう。）を供給する酸化剤ガス入口連通孔38a、燃料ガス、例えば、水素含有ガス（以下、水素ガスともいう。）を供給する燃料ガス入口連通孔40a、冷却媒体を供給する冷却媒体入口連通孔（図示せず）、前記酸化剤ガスを排出する酸化剤ガス出口連通孔38b、前記燃料ガスを排出する燃料ガス出口連通孔40b、及び前記冷却媒体を排出する冷却媒体出口連通孔（図示せず）が設けられる。

30

【0026】

酸化剤ガス供給装置14は、大気からの空気を圧縮して供給するエアポンプ50を備え、前記エアポンプ50が空気供給流路52に配設される。空気供給流路52には、供給ガスと排出ガスとの間で水分と熱を交換する加湿器54が配設される。空気供給流路52は、燃料電池スタック12の酸化剤ガス入口連通孔38aに連通する。

【0027】

酸化剤ガス供給装置14は、酸化剤ガス出口連通孔38bに連通する空気排出流路56を備える。空気排出流路56は、加湿器54の加湿媒体通路（図示せず）に連通するとともに、この空気排出流路56には、エアポンプ50から空気供給流路52を通過して燃料電池スタック12に供給される空気の圧力を調整するためのバタフライ弁等の開度調整可能な背圧制御弁（単に、背圧弁ともいう。）58が設けられる。背圧制御弁58は、ノーマルクローズ型（通電されない時に閉じられる）制御弁により構成されることが好ましい。空気排出流路56は、希釈ボックス60に連通する。

40

【0028】

燃料ガス供給装置16は、高圧水素を貯留し開閉弁であるインタンク電磁弁63が一体的に設けられた水素タンク62を備え、この水素タンク62は、水素供給流路64を介して燃料電池スタック12の燃料ガス入口連通孔40aに連通する。

【0029】

50

この水素供給流路 6 4 には、開閉弁である遮断弁 6 5 及びエゼクタ 6 6 が設けられる。エゼクタ 6 6 は、水素タンク 6 2 から供給される水素ガスを、水素供給流路 6 4 を通って燃料電池スタック 1 2 に供給するとともに、燃料電池スタック 1 2 で使用されなかった未使用の水素ガスを含む排ガスを、水素循環路 6 8 から吸引して、再度、前記燃料電池スタック 1 2 に燃料ガスとして供給する。

【 0 0 3 0 】

燃料ガス出口連通孔 4 0 b には、オフガス流路 7 0 が連通する。オフガス流路 7 0 の途上には、水素循環路 6 8 が連通するとともに、オフガス流路 7 0 には、パージ弁 7 2 を介して希釈ボックス 6 0 が接続される。

【 0 0 3 1 】

希釈ボックス 6 0 の排出口側には、排出流路 7 4 が接続される。なお、排出流路 7 4 には、水素濃度センサ 7 5 が配設される。水素濃度センサ 7 5 は、例えば、検出素子として酸化触媒（アルミナ担体に P d - P t 酸化触媒を焼結）表面で可燃性ガス、ここでは水素ガスが燃焼する際の発熱量（燃焼反応熱）を利用し、水素濃度に比例して燃焼反応熱が増大することで前記検出素子の素子温度が上昇し抵抗値が増加する接触燃焼式ガスセンサが用いることができる。つまり、抵抗値が水素濃度に比例する水素濃度センサ 7 5 を用いることができる。排出流路 7 4 は、図示しない貯蔵バッファを経て大気に連通する。

【 0 0 3 2 】

コントローラ 1 8 は、各種制御処理を実行するために、水素供給流路 6 4 に設けられたアノード圧力 P a を検出する圧力センサ 1 0 2、酸化剤ガス出口連通孔 3 8 b の近傍に設けられたカソード圧力 P k を検出する圧力センサ 1 0 3、燃料ガス出口連通孔 4 0 b の近傍に設けられた水素温度 T h を検出する温度センサ 1 0 4、図示しない冷却媒体入口連通孔に設けられた冷媒温度 T c を検出する温度センサ 1 0 6、排出流路 7 4 に設けられた水素濃度センサ 7 5、各燃料電池 2 0 の電圧（セル電圧又はセルペア電圧という。） V c を検出する電圧センサ 1 0 8、及び燃料電池スタック 1 2 から流れ出る電流の電流値（負荷電流） I o を検出する電流センサ 1 1 0 の各信号を取り込み、後述する F C コンタクタ 8 6 のオン（閉）オフ（開）、遮断弁 6 5 等の弁の開閉及び開度制御、及びエアポンプ 5 0 の流量（風量）の調整等のアクチュエータの制御等を行う。

【 0 0 3 3 】

図 2 に示すように、燃料電池スタック 1 2 には、主電力線 8 0 の一端が接続されるとともに、前記主電力線 8 0 の他端がインバータ 8 2 に接続される。インバータ 8 2 には、三相の車両走行用の駆動モータ 8 4 が接続される。なお、主電力線 8 0 は、実質的には、2 本用いられているが、説明の簡素化を図るために、1 本の前記主電力線 8 0 で記載する。以下に説明する他のラインにおいても、同様である。

【 0 0 3 4 】

主電力線 8 0 には、F C コンタクタ（主電源開閉器、燃料電池スタック開閉器） 8 6 が配設されるとともに、エアポンプ 5 0 が接続される。主電力線 8 0 には、電力線 8 8 の一端が接続され、電力線 8 8 には、D C / D C コンバータ 9 0 及びバッテリーコンタクタ（蓄電装置開閉器） 9 2 を介してバッテリー 1 7 が接続される。電力線 8 8 には、分岐電力線 9 4 が設けられ、分岐電力線 9 4 には、ダウンバータ（D C / D C コンバータ） 9 6 を介して 1 2 V 電源 9 8 が接続される。なお、1 2 V 電源 9 8 は、バッテリー 1 7 よりも低い電圧であればよく、1 2 V に限定されるものではない。

【 0 0 3 5 】

このように構成される燃料電池システム 1 0 の動作について、以下に説明する。

【 0 0 3 6 】

先ず、燃料電池システム 1 0 の通常運転時（通常発電時、又は通常発電処理時ともいう。）には、酸化剤ガス供給装置 1 4 を構成するエアポンプ 5 0 を介して、空気供給流路 5 2 に空気が送られる。この空気は、加湿器 5 4 を通って加湿された後、燃料電池スタック 1 2 の酸化剤ガス入口連通孔 3 8 a に供給される。この空気は、燃料電池スタック 1 2 内の各燃料電池 2 0 に設けられている酸化剤ガス流路 3 4 に沿って移動することにより、カ

10

20

30

40

50

ソード電極 2 4 に供給される。

【 0 0 3 7 】

使用済みの空気は、酸化剤ガス出口連通孔 3 8 b から空気排出流路 5 6 に排出され、加湿器 5 4 に送られることによって新たに供給される空気を加湿した後、背圧制御弁 5 8 を介して希釈ボックス 6 0 に導入される。

【 0 0 3 8 】

一方、燃料ガス供給装置 1 6 では、インタンク電磁弁 6 3 及び遮断弁 6 5 が開放されることにより、水素タンク 6 2 から減圧制御弁（図示せず）により減圧された後、水素供給流路 6 4 に水素ガスが供給される。この水素ガスは、水素供給流路 6 4 を通って燃料電池スタック 1 2 の燃料ガス入口連通孔 4 0 a に供給される。燃料電池スタック 1 2 内に供給された水素ガスは、各燃料電池 2 0 の燃料ガス流路 3 6 に沿って移動することにより、アノード電極 2 6 に供給される。

10

【 0 0 3 9 】

使用済みの水素ガスは、燃料ガス出口連通孔 4 0 b から水素循環路 6 8 を介してエゼクタ 6 6 に吸引され、燃料ガスとして、再度、燃料電池スタック 1 2 に供給される。従って、カソード電極 2 4 に供給される空気とアノード電極 2 6 に供給される水素ガスとが電気化学的に反応して発電が行われる。

【 0 0 4 0 】

一方、水素循環路 6 8 を循環する水素ガスには、不純物が混在し易い。このため、不純物を混在する水素ガスは、パージ弁 7 2 が開放されることによって希釈ボックス 6 0 に導入される。この水素ガスは、希釈ボックス 6 0 内で空気オフガスと混合されることにより水素濃度が低下された後、貯蔵バッファ（図示せず）に排出される。

20

【 0 0 4 1 】

次に、燃料電池システム 1 0 における燃料電池 2 0 のクロスリーク（ここでは、アノードに供給された燃料ガスの一部が発電に消化されずに、電解質膜・電極構造体 2 8 を通じてカソードに透過することをいう。）の検知を行う運転停止時の動作について、図 3 に示すタイミングチャートに沿って、以下に説明する。

【 0 0 4 2 】

図示しない燃料電池自動車に搭載された燃料電池システム 1 0 は、上記のように、通常発電運転を行うことにより、所望の走行が行われている。そして、図示しないイグニッションスイッチ（運転スイッチ）がオフされると、コントローラ 1 8 は、これを停止指令として検出し（時点  $t_1$ ）、燃料電池システム 1 0 の運転停止処理を開始する。

30

【 0 0 4 3 】

先ず、後述する酸素リーン発電処理（ディスチャージ処理、低酸素ストイキ発電処理、停止時発電処理、 $O_2$  リーン処理、又は  $O_2$  リーン発電処理ともいう。）後に、燃料電池スタック 1 2 内の燃料ガス圧力（アノード圧力  $P_a$ ）が設定圧力に維持されるように、水素ガス（燃料ガス）の供給圧力が、予め、設定される。

【 0 0 4 4 】

酸素リーン発電処理時には、空気は、酸素ストイキを、通常発電時の酸素ストイキよりも低い低酸素ストイキで供給する。

40

【 0 0 4 5 】

具体的には、低酸素ストイキは、値 1 前後に設定される。なお、酸素ストイキは、通常発電時には、1 . 2 ~ 3 . 0 の間に収まることが好ましい。一方、酸素リーン発電処理時に、水素ガスは、供給が停止される。アノード圧力  $P_{a1}$  は、ディスチャージ完了時に、一定圧力  $P_{a2}$  以上に維持されるように設定される。一定圧力  $P_{a2}$  は、水素の不足や過剰が発生しない程度の圧力である。

【 0 0 4 6 】

図 3 に示すように、イグニッションスイッチ（運転スイッチ）がオフにされると（時点  $t_1$ ）、インタンク電磁弁 6 3 及び遮断弁 6 5 の開放作用下に燃料電池スタック 1 2 に水素ガスが供給され、燃料電池スタック 1 2 内の圧力がアノード圧力  $P_{a1}$  まで上昇する（

50

時点  $t_1 \sim t_2$  : 昇圧処理)。

【0047】

昇圧処理が終了すると(時点  $t_2$ )、インタンク電磁弁 63 が閉じられ、インタンク電磁弁 63 の故障検知処理に移行する。この故障検知処理では、インタンク電磁弁 63 の直下流の圧力変化の有無により故障検知が行われる。圧力が低下した場合には、インタンク電磁弁 63 が正常とされる。すなわち、正常に閉弁されたと判断する。

【0048】

インタンク電磁弁 63 の故障検知処理が終了すると(時点  $t_3$ )と、カソード掃気処理が行われる。このカソード掃気処理では、カソード側の水滴を含む液滴等を吹き飛ばすため、及び希釈ボックス 60 に残留している水素を完全に希釈するための空気による(酸化剤ガス供給装置 14 による)掃気処理が行われる。この際、高回転数 [rpm] に設定されるエアポンプ 50 を駆動するのに不足する電力は補充される。

10

【0049】

カソード掃気処理後には、背圧制御弁 58 の開度制御が一旦停止されて開放されることで大気に連通し、カソード圧力  $P_k$  が  $P_k = 0$  [kPag : g はゲージ圧を意味する。] にされる状態が作られる(時点  $t_4 \sim t_5$ )。さらに、カソード掃気処理終了時点(時点  $t_4$ )で、酸化剤ガス供給装置 14 を構成するエアポンプ 50 は、通常運転時に比べて相当に回転数が減速され、酸化剤ガス中の酸素ストイキを、通常発電時の酸素ストイキよりも低い低酸素ストイキで供給する。具体的には、低酸素ストイキは、1 前後に設定される。そして、圧力センサ 103 の学習処理(0点補正)がなされる。

20

【0050】

その後、時点  $t_5 \sim t_7$  において、背圧制御弁 58 の開度を調整することで、圧力センサ 103 により検出されるカソード圧力  $P_k$  が、低酸素ストイキに対応する所定の低圧力  $P_{k1}$  とされ、さらに、その低圧力  $P_{k1}$  での背圧制御弁 58 の学習処理がなされる(時点  $t_5 \sim t_6$ )。以降、エアポンプ 50 のオフ時点(時点  $t_7$ )まで、低圧力  $P_{k1}$  に制御される。

【0051】

一方、燃料電池スタック 12 は、発電が継続されている(時点  $t_1 \sim t_7$ )。

【0052】

背圧制御弁 58 の学習処理(時点  $t_5 \sim t_6$ )後の酸素リーン発電処理では、燃料電池スタック 12 から取り出される電流(FC電流)は、固体高分子電解質膜 22 を透過してアノード側からカソード側に燃料ガスである水素ガスが移動することを阻止する値に設定される。その際、図 2 において、FCコンタクタ 86 及びバッテリーコンタクタ 92 がオンされており、燃料電池スタック 12 の発電時に得られる電力は、DC/DCコンバータ 90 により電圧を降圧させた後、バッテリー 17 に充電される。

30

【0053】

上記のように、燃料電池スタック 12 では、低酸素ストイキの空気が供給される一方、遮断弁 65 の閉塞(時点  $t_3$ )により水素ガスの供給が停止した状態で、発電が行われている。パージ弁 72 も閉じられている。そして、燃料電池スタック 12 による発電電力は、バッテリー 17 に供給されることにより、ディスチャージ(図 3 中、酸素リーン発電処理)される。従って、燃料電池スタック 12 の発電電圧が所定の電圧、すなわち、バッテリー 17 に供給不能な電圧(バッテリー 17 の電圧とほぼ同じ電圧)まで低下すると、エアポンプ 50 にのみ発電電力が供給される。

40

【0054】

これにより、燃料電池スタック 12 内では、酸素リーン発電処理(時点  $t_6 \sim t_7$ )の間にアノード側の水素濃度が低下する一方、カソード側の酸素濃度が低下していく。そこで、例えば、アノード側の水素圧力(アノード圧力  $P_a$ )が所定の圧力  $P_{a2}$  以下となった際に、エアポンプ 50 がオフされるとともに、バッテリーコンタクタ 92 がオフされる(時点  $t_7$ )。

【0055】

50

このため、燃料電池スタック 12 は、内部に残存する水素ガスと空気とにより発電される（時点  $t_7 \sim t_8$ ）。この燃料電池スタック 12 の発電により発生する電力は、ダウンバータ 96 を介して降圧された後、12V 電源 98 に充電（図 3 中、D/V DCHG）されるとともに、必要に応じて図示しないラジエータファン等に電力が供給される。さらに、燃料電池スタック 12 の発電電圧が、ダウンバータ 96 の作動限界電圧の近傍まで低下すると、FC コンタクト 86 がオフされる（時点  $t_8$ ）。これにより燃料電池システム 10 は、運転停止状態、いわゆるソーク状態となる。

【0056】

上述したように、イグニッションスイッチがオフされると（時点  $t_1$ ）、水素ガスの供給を停止する前に、燃料電池スタック 12 内のアノード圧力  $P_a$  がアノード圧力  $P_{a1}$  まで上昇された後（時点  $t_2$ ）、背圧制御弁 58、エアポンプ 50、インタンク電磁弁 63 及び遮断弁 65 が操作されている。従って、燃料電池スタック 12 では、この燃料電池スタック 12 内に残存する水素ガスと低酸素ストイキの空気とにより発電が行われ、発電電力がバッテリー 17 に供給されてディスチャージされている（時点  $t_2 \sim t_7$ ）。

10

【0057】

これにより、停止時発電処理を模式的に説明する図 4 に示すように、燃料電池スタック 12 内のアノード側では、水素残量が低下して水素濃度が減少するとともに、カソード側では、低酸素ストイキであるので酸素濃度が減少して窒素濃度が上昇している。

【0058】

その上、水素ガスの供給を停止する前に、燃料電池スタック 12 に供給される水素ガスの供給圧力を、アノード圧力  $P_{a1}$  まで上昇させている（時点  $t_2$ ）。このため、燃料電池スタック 12 内に適正な量の水素が充填された状態で、低酸素ストイキによる発電（酸素リーン発電処理）が良好に遂行され、ディスチャージ完了後に、燃料電池スタック 12 内に過剰な水素ガスが残存したり、水素ガス不足が発生したりすることを、確実に阻止することができるという効果が得られる。

20

【0059】

さらに、エアポンプ 50 を停止することにより（時点  $t_7$ ）、空気の供給を停止した状態で、すなわち、燃料電池スタック 12 内に残存する水素及び酸素のみで、前記燃料電池スタック 12 が発電されている（図 3 中、D/V DCHG）。

【0060】

このため、エアポンプ 50 を介して空気の供給を行いながら、燃料電池スタック 12 の発電を行った場合、システム内の窒素置換範囲が、燃料電池スタック 12 内に止まるのに対し、エアポンプ 50 を停止した後、燃料電池スタック 12 の発電を行うと、燃料電池スタック 12 の入口側まで窒素ガスによる置換範囲が拡大される。これにより、燃料電池システム 10 のカソード側は、比較的長期間にわたって停止されても、燃料電池 20 の劣化を可及的に阻止することができるという利点がある。

30

【0061】

ここで、複数の水素濃度センサを設置することなく、クロスリークを検知する処理について、さらに、図 5 のフローチャート及び図 6 のタイムチャートを参照して詳しく説明する。

40

【0062】

ステップ S1 において、発電停止指令を検出する。この発電停止指令には、燃料電池車両のイグニッションスイッチのオン状態からオフ状態への遷移の他、アイドルストップ（アイドル停止）指令も含めてもよい。アイドルストップ指令は、例えば、コントローラ 18 により、イグニッションスイッチングがオン状態で、かつ燃料電池車両が数秒停止したことを検知したときに発せられる。

【0063】

ステップ S1 の判断が肯定的となったとき、ステップ S2a において遮断弁 65 が閉じられるとともに、エアポンプ 50 の回転数が極低流量エア供給（通常発電中の最低回転数での最低流量よりも低い回転数での流量）となるよう設定される（図 3 中、時点  $t_4 \sim t$

50

7の回転数。)。さらに、ステップS2bにおいて、通常より低い酸素ストイキとなるように、DC/DCコンバータ90を通じてバッテリー17に小さな充電電流(負荷電流)を供給するように設定する。

#### 【0064】

一般的に説明すると、図6に示すように、通常発電中と酸素リーン発電処理とを比較すると、停止指令(時点tsc)が発生される前は、エアポンプ50は、負荷に応じて、例えば、数万[rpm]程度以下に設定され、酸素リーン発電中は、例えば、数十以上~数千[rpm]程度以下に設定される。負荷電流Ioは、通常発電中は、要求に応じて、例えば、ゼロ以上~千[A]程度以下に設定され、酸素リーン発電中は、例えば、ゼロを超え~数十[A]程度以下に設定される。

10

#### 【0065】

排気される水素濃度Dhは、通常発電中は、パーズ弁72を間欠的に開放することで水素濃度Dhが変動するが、酸素リーン発電中は、数秒程度で安定するので、酸素リーン発電モードに入ってからクロスリーク判定のための水素濃度Dhを検出までの時間は、10秒程度から60秒程度の間の時間に設定される。

#### 【0066】

そこで、ステップS3において、ステップS2で設定された酸素リーン発電モードでの経過時間(時点tscからの経過時間)が規定時間(所定時間)Tth(時点tscから時点tmまでの時間)を経過したか否かがタイマ19により判定される。規定時間Tthは、予め車種毎に決められる。アイドルングストップ時と図3に示した停止処理時では異なる値に設定してもよい。通常、上述したように、10秒程度から60秒程度の時間に設定される。

20

#### 【0067】

次いで、ステップS4において、時点tm以降、時点tstopまでの時間の間に、水素濃度センサ75により排出ガス中の水素濃度Dhを検出し、この水素濃度Dhが閾値濃度Dthを上回る濃度であるか否かを判定する。水素濃度Dhが閾値濃度Dthを下回る濃度である場合には、ステップS5で正常と判断し、コントローラ18のメモリ(点検表)に判断時と、水素濃度Dhと、判断結果を記憶する。

#### 【0068】

その一方、ステップS4の判定において、水素濃度Dhが閾値濃度Dthを上回る濃度であった場合には、ステップS6において、クロスリークが発生しているとして、同様に、メモリ(点検表)に判断時と、水素濃度Dhと、判断結果を記憶する。

30

#### 【0069】

##### [実施形態のまとめ]

以上説明したように上述した実施形態に係るコントローラ18(制御装置)は、カソード側に供給される酸化剤ガス及びアノード側に供給される燃料ガスの電気化学反応により発電する燃料電池20と、燃料電池20に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置14と、燃料電池20に前記燃料ガスを供給する燃料ガス供給装置16と、を制御する。

#### 【0070】

コントローラ18は、燃料電池20の前記カソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モード(ステップS2a、S2b)を備え、前記酸素リーン発電モード中に、燃料ガス濃度センサである水素濃度センサ75により検出される水素濃度Dhが、予め定められる閾値Dth以上の場合に、燃料電池20にクロスリークが発生していると判定するクロスリーク判定手段(ステップS4)を備える。

40

#### 【0071】

このように、燃料電池20の前記カソード中の酸素濃度がストイキ状態よりも希薄な状態で発電を行う酸素リーン発電モード中に、換言すれば、カソードからアノードにクロスリークした水素がカソードで燃焼されにくい状況下で、カソード排ガス中の水素濃度を検出するようにしたので、僅かなリークでもカソード排気中の水素濃度が上昇しやすくなる結果、単一の水素濃度センサ75により水素のクロスリークを精度よく検出することがで

50

きる。

【 0 0 7 2 】

この場合、前記酸素リーン発電モードは、燃料電池 2 0 の運転停止指令を検出した際、前記燃料ガスの供給を停止する一方、前記酸化剤ガスを燃料電池 2 0 に供給しながら、燃料電池 2 0 を発電させる停止時発電処理を実施した後に燃料電池 2 0 の発電を停止する停止時発電モード（図 3：時点 t 6 ~ t 7、図 6：時点 t s c ~ t s t o p）を備え、クロスリーク判定手段（ステップ S 4）は、前記停止時発電モードで前記停止時発電処理が実施されているとき、前記燃料ガス濃度センサにより検出される前記燃料ガスの濃度に基づきクロスリークが発生しているか否かを判定する。

【 0 0 7 3 】

停止時発電処理を行うことによりカソード側が窒素ガスで充満して劣化が防止されるが、この劣化防止処理中にカソード中の水素ガス、すなわちクロスリークガスの濃度を併せて検出することができるので効率的である。

【 0 0 7 4 】

なお、燃料電池 2 0 の前記カソード中の触媒は、Pt 触媒、又は Pt - Co 触媒としていますが、カソード中の Pt 触媒、又は Pt - Co 触媒は、水素を酸素と反応させて燃焼させる燃焼触媒としても機能するため、カソードガス中に十分な酸素が含まれている通常発電中は、クロスリークした水素はカソード触媒上で酸素と反応して燃焼してしまう。このときには、カソードオフガス中の水素濃度はほとんど上昇せず、水素濃度からクロスリークの発生を判定することができないが、アイドル停止中、あるいは発電停止直後に、カソードに極低流量のエアを供給する状態を作り出し、その際単一の水素濃度センサ 7 5 により検出される排気水素の濃度 D h の値によって、クロスリークを精度よく検知することができる。

【 0 0 7 5 】

なお、この発明は、上述した実施形態に限らず、この明細書の記載内容に基づき、種々の構成を採りうることができる。

【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

1 0 ... 燃料電池システム	1 2 ... 燃料電池スタック	
1 4 ... 酸化剤ガス供給装置	1 6 ... 燃料ガス供給装置	30
1 7 ... バッテリ	1 8 ... コントローラ	
1 9 ... タイマ	2 0 ... 燃料電池	
2 2 ... 固体高分子電解質膜	2 4 ... カソード電極	
2 6 ... アノード電極	2 8 ... 電解質膜・電極構造体	
3 0、3 2 ... セパレータ	3 4 ... 酸化剤ガス流路	
3 6 ... 燃料ガス流路	3 8 a ... 酸化剤ガス入口連通孔	
3 8 b ... 酸化剤ガス出口連通孔	4 0 a ... 燃料ガス入口連通孔	
4 0 b ... 燃料ガス出口連通孔	5 0 ... エアポンプ	
5 2 ... 空気供給流路	5 4 ... 加湿器	
5 6 ... 空気排出流路	5 8 ... 背圧制御弁	40
5 9 ... 排出弁	6 0 ... 希釈ボックス	
6 2 ... 水素タンク	6 3 ... インタンク電磁弁	
6 4 ... 水素供給流路	6 5 ... 遮断弁	
6 6 ... エゼクタ	6 8 ... 水素循環路	
7 0 ... オフガス流路	7 2 ... パージ弁	
7 4 ... 排出流路	7 5 ... 水素濃度センサ	
8 6 ... F C コンタクタ	9 0 ... D C / D C コンバータ	
9 2 ... バッテリコンタクタ	9 6 ... ダウンバータ	
9 8 ... 1 2 V 電源	1 0 2、1 0 3 ... 圧力センサ	
1 0 4、1 0 6 ... 温度センサ	1 0 8 ... 電圧センサ	50



【 図 3 】

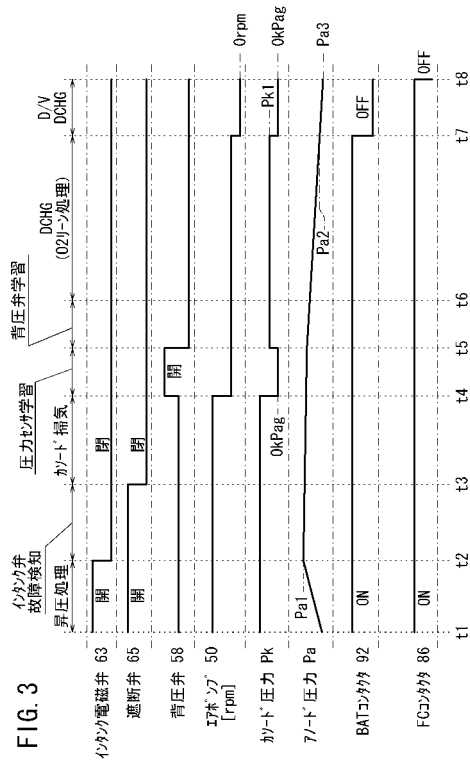


FIG. 3

【 図 4 】

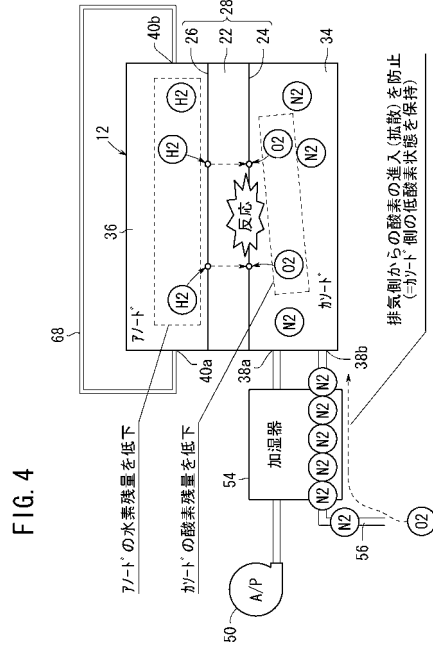


FIG. 4

【 図 5 】

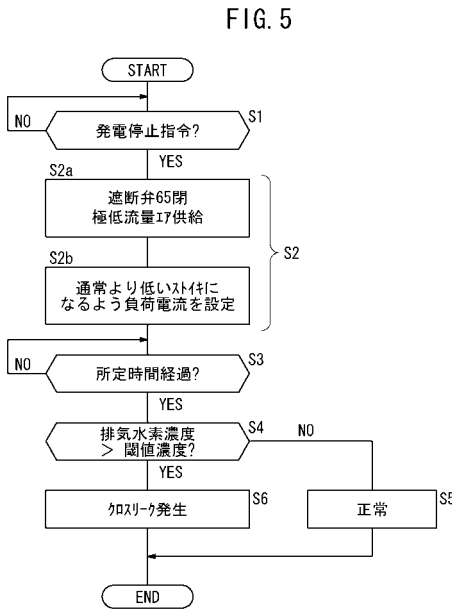


FIG. 5

【 図 6 】

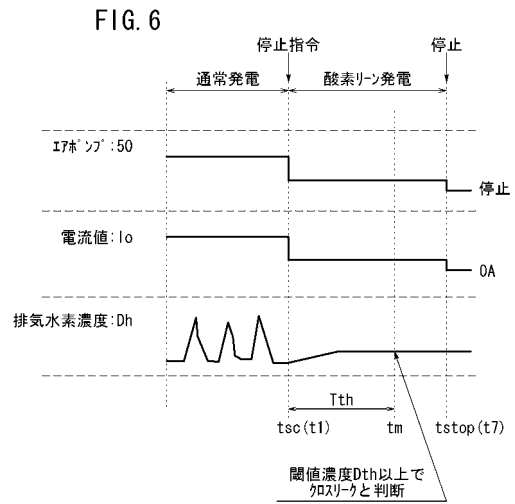


FIG. 6

---

フロントページの続き

- (72)発明者 森田 晋二郎  
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 松本 裕嗣  
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 宮田 幸一郎  
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 佐々木 孝  
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 和氣 千大  
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 EE02  
5H027 AA06 BA13 BA19 DD03 KK31 MM09