

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4590819号
(P4590819)

(45) 発行日 平成22年12月1日(2010.12.1)

(24) 登録日 平成22年9月24日(2010.9.24)

(51) Int. Cl. F I
HO 1 M 8/04 (2006.01) HO 1 M 8/04 K
 HO 1 M 8/10 (2006.01) HO 1 M 8/04 Z
 HO 1 M 8/10

請求項の数 8 (全 15 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2002-360193 (P2002-360193) | (73) 特許権者 | 000002185 |
| (22) 出願日 | 平成14年12月12日(2002.12.12) | | ソニー株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2004-192973 (P2004-192973A) | | 東京都港区港南1丁目7番1号 |
| (43) 公開日 | 平成16年7月8日(2004.7.8) | (74) 代理人 | 100098785 |
| 審査請求日 | 平成17年9月27日(2005.9.27) | | 弁理士 藤島 洋一郎 |
| | | (72) 発明者 | 野本 和利 |
| | | | 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 松野 敏之 |
| | | | 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 |
| | | 審査官 | 原 賢一 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及び燃料電池運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気中の酸素と燃料気体とを反応させて発電を行う燃料電池と、前記燃料電池から供給される電流によって駆動される負荷を有すると共に、加湿手段を有しない燃料電池システムであって、

前記燃料電池に流入気体を供給する空気供給手段と、

前記燃料電池に流入する前記流入気体の温度である吸気温度、前記流入気体の湿度である吸気湿度、および前記流入気体の流量である吸気流量を測定する吸気側計測手段と、

前記燃料電池から排出される排出気体の温度である排気温度、前記排出気体の湿度である排気湿度、および前記排出気体の流量である排気流量を測定する排気側計測手段と、

前記負荷に流れる電流値を計測する電流計と、

前記吸気温度、前記吸気湿度および前記吸気流量から前記燃料電池に流入する水分量である吸気水分量を算出し、前記排気温度、前記排気湿度および前記排気流量から前記燃料電池から排出される水分量である排気水分量を算出し、前記電流値から前記燃料電池によって生成される水分量である生成水分量を算出し、前記吸気水分量と前記生成水分量との和が前記排気水分量と等しくなるように、前記空気供給手段が前記燃料電池に対して供給する前記流入気体の流量を制御する制御手段と

を有する燃料電池システム。

【請求項2】

前記制御手段が記憶手段を有し、算出した前記吸気水分量と前記排気水分量と前記生成

10

20

水分量とを積算して前記記憶手段に記録し、

前記流入気体の流量の制御を前記記憶手段に記録されている積算された前記吸気水分量と前記排気水分量と前記生成水分量に基づいて実行する、請求項 1記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記制御手段は、一定期間経過する毎に、前記記憶手段に記録されている積算された前記吸気水分量と前記排気水分量とを初期化し、前記燃料電池に含まれている初期水分量を測定して、所定の水分量と前記初期水分量との差を前記記憶手段に前記生成水分量として記録する、請求項 2記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記制御手段が記憶手段を有し、前記吸気水分量の算出または前記排出水分量の算出または前記生成水分量の算出を、前記記憶手段に予め記録されたデータを参照することにより行う、請求項 1記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

加湿手段を設けることなく空気中の酸素と燃料気体とを反応させて発電を行う燃料電池の運転方法であって、

前記燃料電池に流入する流入気体の温度である吸気温度、前記流入気体の湿度である吸気湿度、および前記流入気体の流量である吸気流量を測定し、

前記燃料電池から排出される排出気体の温度である排気温度、前記排出気体の湿度である排気湿度、および前記排出気体の流量である排気流量を測定し、

前記負荷に流れる電流値を計測し、

前記吸気温度、前記吸気湿度および前記吸気流量から前記燃料電池に流入する水分量である吸気水分量を算出し、前記排気温度、前記排気湿度および前記排気流量から前記燃料電池から排出される水分量である排気水分量を算出し、前記電流値から前記燃料電池によって生成される水分量である生成水分量を算出し、

前記吸気水分量と前記生成水分量との和が前記排気水分量と等しくなるように前記流入気体の流量を制御する、燃料電池運転方法。

【請求項 6】

前記吸気水分量と前記排気水分量と前記生成水分量とを、時間経過に応じて積算して算出する、請求項 5記載の燃料電池運転方法。

【請求項 7】

前記流入気体の流量の制御は、一定期間経過する毎に、積算して算出された前記吸気水分量と前記排気水分量とを初期化し、前記燃料電池に含まれている初期水分量を測定して、所定の水分量と前記初期水分量との差を前記生成水分量と設定する、請求項 6記載の燃料電池運転方法。

【請求項 8】

前記制御に、P I 制御または P I D 制御を用いる、請求項 5記載の燃料電池運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池システム及び燃料電池運転方法に関し、特に空気の供給と排気を制御するための燃料電池システム及び運転方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

燃料電池は、燃料気体を供給することで発電体に電力を発生させる手段であり、自動車などの車両に搭載して電気自動車やハイブリット式車両としての応用が大きく期待されている他、その軽量化や小型化が容易となる構造から、現状の乾電池や充電式電池の如き用途に限らず、例えば携帯可能な機器への応用が研究や開発の段階にある。燃料電池では、水素を燃料とする場合、負極である水素側電極（アノード）では触媒と高分子電解質の接触界面において、 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ の如き反応が生ずる。酸素を酸化剤とした場合、正

10

20

30

40

50

極である酸素側電極（カソード）では同様に $1/2 O_2 + 2 H^+ + 2 e^- = H_2 O$ の如き反応が起こり水が生成される。

【0003】

このような燃料電池では、化学反応に伴うプロトンの伝導を高分子電解質層が行うため、効率の良い発電反応を継続して行うためには高分子電解質層の湿潤状態や温度状態を管理する必要がある。高分子電解質層の湿潤状態を保つために、加湿手段を用いて燃料電池に供給される燃料気体の湿度を制御する方法が採られる場合もあるが、燃料電池装置全体の小型化を図る上では加湿器は無いほうが望ましい。

【0004】

加湿器を設けずに燃料電池の高分子電解質層の湿潤状態を保持する技術として、燃料電池から発生する電流に基づいて燃料電池が生成する生成水量を算出し、アノード側とカソード側の排気部における排気ガスを合計した流量・圧力・温度を測定して排気ガス中の飽和水蒸気量を算出し、算出した生成水量と飽和水蒸気量との比率が1：1になるように燃料電池の運転を制御するものが知られている（例えば特許文献1参照）。

10

【0005】

上記特許文献1に記載された燃料電池システム及び燃料電池運転方法では、燃料電池の発電反応によって発生した生成水と、排気側での排気ガス中に含まれる水分量とを等しくするように燃料電池の運転を制御する。このため、燃料電池の発電反応によって発生した生成水の量が大きい場合には、燃料電池に流入してくる気体内に含まれている水分量が小さいので、生成水量と排気ガス中に含まれる水分量とが等しいと考えても問題ない。

20

【0006】

しかしながら、携帯可能な機器に用いられるような小型化された燃料電池においては、燃料電池によって発電される電流量が小さく、生成される水分量に対して燃料電池に流入してくる空気に含まれる水分量が無視できないために、特許文献1に記載された燃料電池システムや燃料電池運転方法では、高分子電解質層の湿潤状態を保持する制御を実現することが困難である。

【0007】

【特許文献1】

特開2001-256988号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

したがって本願発明は、小型化された燃料電池においても燃料電池内部に存在する水分量を正確に把握し、高分子電解質層の湿潤状態を望ましい状態に制御することが可能な燃料電池システム及び燃料電池運転方法を提供することを課題とする。

30

【0011】

また、吸気水分量と排気水分量と生成水分量とを、時間経過に応じて積算して算出し、一定期間経過する毎に、積算して算出された吸気水分量と排気水分量とを初期化し、燃料電池に含まれている初期水分量を測定して、所定の水分量と初期水分量との差を前記生成水分量と設定する。これにより、定期的に高分子電解質層の湿潤状態を計測して、積算された生成水分量と排出水分量の初期値を設定しなおすため、繰り返して制御ルーチンを実行するうちに積算された生成水分量排出水分量に誤差が蓄積されていったとしても、実測した高分子電解質層の湿潤状態を制御ルーチン内で反映させて、誤差の蓄積を解消して精密な制御を行うことができる。

40

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本願発明の燃料電池システムは、空気中の酸素と燃料気体とを反応させて発電を行う燃料電池と、前記燃料電池から供給される電流によって駆動される負荷を有すると共に、加湿手段を有しない燃料電池システムであって、前記燃料電池に流入気体を供給する空気供給手段と、前記燃料電池に流入する前記流入気体の温度である吸気温度、前記流入気体の湿度である吸気湿度、および前記流入気体の流量である吸気流量

50

を測定する吸気側計測手段と、前記燃料電池から排出される排出気体の温度である排気温度、前記排出気体の湿度である排気湿度、および前記排出気体の流量である排気流量を測定する排気側計測手段と、前記負荷に流れる電流値を計測する電流計と、前記吸気温度、前記吸気湿度および前記吸気流量から前記燃料電池に流入する水分量である吸気水分量を算出し、前記排気温度、前記排気湿度および前記排気流量から前記燃料電池から排出される水分量である排気水分量を算出し、前記電流値から前記燃料電池によって生成される水分量である生成水分量を算出し、前記吸気水分量と前記生成水分量との和が前記排気水分量と等しくなるように、前記空気供給手段が前記燃料電池に対して供給する前記流入気体の流量を制御する制御手段とを有することを特徴とする。

【0013】

吸気側計測手段と排気側計測手段と電流計とを用いて、吸気温度・吸気湿度・吸気流量・排気温度・排気湿度・排気流量・電流値を測定し、制御装置で吸気水分量と排気水分量と生成水分量とを算出し、吸気水分量と生成水分量との和が排気水分量と等しくなるように燃料電池に流入する空気の流量をフィードバック制御することにより、燃料電池で単位時間当たり生成される水分量が少なく、空気中に含まれる水分量を無視できない状況においても、燃料電池内部の水分量が一定に保たれ、高分子電解質層の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、燃料電池内部に残留する水分量を一定に保つことができるため、燃料電池内部で流路が水滴によって閉塞される不具合を低減することができる。

【0014】

また、上記課題を解決するために本願発明の燃料電池運転方法は、加湿手段を設けることなく空気中の酸素と燃料気体とを反応させて発電を行う燃料電池の運転方法であって、前記燃料電池に流入する流入気体の温度である吸気温度、前記流入気体の湿度である吸気湿度、および前記流入気体の流量である吸気流量を測定し、前記燃料電池から排出される排出気体の温度である排気温度、前記排出気体の湿度である排気湿度、および前記排出気体の流量である排気流量を測定し、前記負荷に流れる電流値を計測し、前記吸気温度、前記吸気湿度および前記吸気流量から前記燃料電池に流入する水分量である吸気水分量を算出し、前記排気温度、前記排気湿度および前記排気流量から前記燃料電池から排出される水分量である排気水分量を算出し、前記電流値から前記燃料電池によって生成される水分量である生成水分量を算出し、前記吸気水分量と前記生成水分量との和が前記排気水分量と等しくなるように前記流入気体の流量を制御することを特徴とする。

【0015】

吸気水分量と生成水分量との和が排気水分量と等しくなるように燃料電池に流入する空気の流量をフィードバック制御することにより、燃料電池で単位時間当たり生成される水分量が少なく、空気中に含まれる水分量を無視できない状況においても、燃料電池内部の水分量が一定に保たれ、高分子電解質層の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、燃料電池内部に残留する水分量を一定に保つことができるため、燃料電池内部で流路が水滴によって閉塞される不具合を低減することができる。

【0016】

またフィードバック制御に、PI制御またはPID制御を、初期水分量の測定に電流遮断法を用いることで、効率よくフィードバック制御と初期水分量の測定を行うことが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】

[第一の実施の形態]

以下、本願発明を適用した燃料電池システム及び燃料電池運転方法について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお本願発明は、以下の記述に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

【0018】

図1は、本願発明における実施の形態としての燃料電池システムの構成を示す概略構成図

10

20

30

40

50

である。燃料電池システム 1 は発電を行う燃料電池 2 と、燃料電池 2 に流入気体である空気を供給する空気供給手段としてのポンプ 3 と、燃料電池 2 に水素等の燃料を供給する水素供給手段としての水素タンク 4 と、ポンプ 3 の空気流量を制御する制御手段 5 と、燃料電池 2 からの電力により駆動する負荷 6 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

また、ポンプ 3 から燃料電池 2 に対して流入する空気についての情報を計測する吸気側計測手段 7 として、空気の流量を測定する吸気側流量計 7 a と、空気の温度を測定する吸気側温度計 7 b と、空気の相対湿度を測定する吸気側湿度計 7 c とを備えている。また、燃料電池 2 から外部に流出していく排出気体としての空気についての情報を計測する排気側計測手段 8 として、空気の流量を測定する排気側流量計 8 a と、空気の温度を測定する排気側温度計 8 b と、空気の相対湿度を測定する排気側湿度計 8 c とを備えている。また、燃料電池 2 が負荷 6 に対して供給する電流を測定する電流計 9 を備えている。

10

【 0 0 2 0 】

ここでは、吸気側計測手段 7 と排気側計測手段 8 のそれぞれに、吸気側流量計 7 a と排気側流量計 8 a とを設けた例を示したが、燃料電池 2 に流入する流入気体の流量と燃料電池 2 から流出する排出気体との流量が実質的に同一とみなせる状況下では、どちらか一方に流量計を設けてその測定値を吸気側計測手段 7 と排気側計測手段 8 の双方に適用して、吸気側流量計 7 a と排気側流量計 8 a の二つの測定であるとしても良い。

【 0 0 2 1 】

吸気側計測手段 7 は、流入気体である空気の温度、湿度および流量を測定して、測定結果を増幅器 1 0 を介して制御手段 5 に伝達する。排気側計測手段 8 は、排出気体である空気の温度、湿度および流量を測定して、測定結果を増幅器 1 1 を介して制御手段 5 に伝達する。電流計 9 は、測定した電流値を増幅器 1 2 を介して制御手段 5 に伝達する。

20

【 0 0 2 2 】

燃料電池 2 は、高分子電解質層とこれを挟む水素側電極と酸素側電極が発電体となり、その各電極側に起電力を取り出すための集電体が形成される。このような燃料電池 2 の構造例と発電の様子を図 2 に示す。高分子電解質層 2 1 は水素側電極 2 2 と酸素側電極 2 3 に挟持され、解離したプロトン (H^+) は図面矢印方向に沿って水素側電極 2 2 から酸素側電極 2 3 に向かって高分子電解質層 2 1 の膜中を移動する。水素側電極 2 2 と高分子電解質層 2 1 の間には、触媒層 2 2 a が形成され、酸素側電極 2 3 と高分子電解質層 2 1 の間には、触媒層 2 3 a が形成される。使用時には、水素側電極 2 2 では導入口 2 4 から水素ガス (H_2) が燃料気体として供給され、排出口 2 5 から水素が排出される。燃料気体である水素ガス (H_2) が気体流路 2 6 を通過する間にプロトンを発生し、このプロトンは酸素側電極 2 3 に移動する。この移動したプロトンは、導入口 2 7 から気体流路 2 8 に供給されて排出口 2 9 に向かう酸素 (空気) と反応して、これにより所望の起電力が取り出される。ここでは、単層構造の燃料電池 2 を示したが、同様の構造を複数積層して構成されるとしても良い。

30

【 0 0 2 3 】

ポンプ 3 は、発電のために必要な酸素を含んだ空気を燃料電池 2 の気体流路 2 8 に対して送出するための手段であり、他の手段としては送風ファンなどを用いても良い。また、制御手段 5 からの制御信号に基づいて電流制御などにより空気の送出量を制御することが可能な手段である。図 1 では、ポンプ 3 を燃料電池 2 の空気取入れ側である導入口 2 7 に設けた例を示したが、燃料電池 2 の空気排出側である排出口 2 9 に排気用ファンなどを設けて燃料電池 2 からの排気を行うことで導入口 2 7 から空気が流入し、実質的に空気を燃料電池 2 に対して供給する構成としても良い。

40

【 0 0 2 4 】

水素タンク 4 は、発電のために必要な燃料である水素等を燃料電池 2 の気体流路 2 6 に対して送出するための手段であり、他の手段としては水素が充填された水素吸蔵合金などを用いても良い。

【 0 0 2 5 】

50

制御手段5は、情報処理を行うCPU51と、情報を記憶するための記憶手段としてのメモリ52と、アナログ信号をデジタル信号に変換するADコンバータ53(analog to digital converter)とを備える情報処理手段である。ADコンバータ53は、吸気側計測手段7である吸気側流量計7aと吸気側温度計7bと吸気側湿度計7c、排気側計測手段8である排気側流量計8aと排気側温度計8bと排気側湿度計8c、および電流計9が測定した情報をデジタル信号に変換し、メモリ52に記録されているプログラムに基づいてCPU51がデジタル信号の情報処理を行い、制御信号を算出する。得られた制御信号を増幅器13を介してポンプ3に対して送出して、ポンプ3が燃料電池2に送出する空気の流量を制御する。

【0026】

負荷6は、燃料電池2から生じる電力によって駆動する回路であり、本願発明の燃料電池システム1が搭載される電子機器を指す。また、燃料電池2が供給する電流により駆動する回路群全体を負荷6とするため、前述した本願発明の燃料電池システムの各要素を燃料電池2からの電力によって駆動する場合には、ポンプ3、水素タンク4、制御手段5、吸気側計測手段7、排気側計測手段8も負荷6の一部として考える。

【0027】

次に、本実施の形態の燃料電池運転方法として、ポンプ3が燃料電池2に供給する空気の流量を制御する方法について詳細に説明する。図3は上述した本願発明の燃料電池システム1での制御手段5によって実行されるポンプ3の制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。なお、制御ルーチンは制御手段5のCPU51が実行可能な形式でメモリ52に記録されていて、随時CPU51が呼び出して実行するものとしてもよく、CPU51自体が制御ルーチンを実行するために設計されたDSP(digital signal processor)であるとしてもよい。

【0028】

ステップ1はポンプ3を制御する制御信号を生成するための制御ルーチンの開始であり、制御手段5のCPU51により実行され、自動的にステップ2に移行する。

【0029】

ステップ2は計測ステップであり、燃料電池2に流入してくる空気に関して、吸気側計測手段7である吸気側流量計7aが吸気流量 V_{in} [m^3/s]を測定し、吸気側温度計7bが吸気温度 T_{in} []を測定し、吸気側湿度計7cが吸気湿度 Rh_{in} [%]を測定する。また、燃料電池2から流出してくる空気に関して、排気側計測手段8である排気側流量計8aが排気流量 V_{out} [m^3/s]を測定し、排気側温度計8bが排気温度 T_{out} []を測定し、排気側湿度計8cが排気湿度 Rh_{out} [%]を測定する。また、電流計9が負荷6に流れる出力電流 I_{out} を測定する。制御手段5のADコンバータ53は、計測結果をCPU51で処理可能なデジタル信号のデータに変換し、メモリ52に記録する。計測結果が記録された後、制御ルーチンはステップ3に移行する。

【0030】

ステップ3は飽和水蒸気圧を求めるステップであり、CPU51はTentensの式として知られる近似式である式1に基づいて、式1中のTに吸気温度 T_{in} を代入して吸気飽和水蒸気圧 $P_{sat, in}$ を算出し、式1中のTに排気温度 T_{out} を代入して排気飽和水蒸気圧 $P_{sat, out}$ を算出し、計算結果をメモリ52に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ4に移行する。

【式1】

$$Psat = 6.11 \times 10^{\left(\frac{7.5T}{T+237.3}\right)}$$

【0031】

ステップ4は水蒸気圧を求めるステップであり、CPU51はメモリ52に記録されているデータを用いて式2に示す飽和水蒸気圧と相対湿度との乗算を行う。具体的には、 $P_{s,at}$ に吸気飽和水蒸気圧 $P_{s,at,in}$ を代入し、 Rh に吸気湿度 Rh_{in} を代入して吸気水蒸気圧 $P_{s,in}$ を算出し、 $P_{s,at}$ に排気飽和水蒸気圧 $P_{s,at,out}$ を代入し、 Rh に排気湿度 Rh_{out} を代入して排気水蒸気圧 $P_{s,out}$ を算出し、計算結果をメモリ52に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ5に移行する。

【式2】

$$P_s = P_{sat} \times Rh / 100$$

10

【0032】

ステップ5は空气中に水蒸気の形態で混入している水分量である絶対湿度を求めるステップである。CPU51はメモリ52に記録されているデータを用いて、水の分子量と気体の状態方程式から得られる式3に示す計算を行う。具体的には、 P_s に吸気水蒸気圧 $P_{s,in}$ を代入し、 T に吸気温度 T_{in} を代入して吸気絶対湿度 H_{in} [g/m³]を算出し、 P_s に排気水蒸気圧 $P_{s,out}$ を代入し、 T に排気温度 T_{out} を代入して排気絶対湿度 H_{out} [g/m³]を算出し、計算結果をメモリ52に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ6に移行する。

20

【式3】

$$H = 217 \times \frac{P_s}{T + 273.15}$$

【0033】

ステップ6は空気の供給・排出に伴って単位時間あたりに水蒸気の形態で燃料電池2外部に持ち出される水分量である排出水分量を求めるステップである。CPU51はメモリ52に記録されている排気絶対湿度 H_{out} 、吸気絶対湿度 H_{in} 、排気流量 V_{out} 、吸気流量 V_{in} を用いて式4に示す計算を行って排出水分量 W_o [g/s]を算出し、計算結果をメモリ52に記録する。 $H_{in} \times V_{in}$ によって燃料電池2内部に流入する空気に含まれている吸気水分量が計算され、 $H_{out} \times V_{out}$ によって燃料電池2内部から排出される空気に含まれている排気水分量が計算され、その差を求めることで排出水分量 W_o が求められる。吸気水分量と排気水分量と排出水分量の計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ7に移行する。

30

【式4】

$$W_o = H_{out} \times V_{out} - H_{in} \times V_{in}$$

40

【0034】

ステップ7は燃料電池の電極反応に伴い生成される単位時間あたりの水分量である生成水分量を求めるステップである。CPU51はファラデー定数を F 、水の分子量を18、燃料電池2のセル数を n として、出力電流 I_{out} を用いて式5に示す計算を行って生成水

50

分量 W_g [g / s] を算出し、計算結果をメモリ 5 2 に記録する。積算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 8 に移行する。

【式 5】

$$\begin{aligned} W_g &= n \times \frac{18}{2} \times \frac{I_{out}}{F} \\ &= n \times 9.33 \times 10^{-5} \times I_{out} \end{aligned}$$

【 0 0 3 5 】

ステップ 8 はポンプ 3 を制御し駆動する制御信号を算出するステップである。

C P U 5 1 は、ステップ 2 乃至ステップ 7 から算出した単位時間当たりの排出水分量 W_o と生成水分量 W_g とを比較し、生成水分量 W_g と排出水分量 W_o が等しくなる方向にポンプ 3 が供給する空気量を制御する制御信号を生成する。

【 0 0 3 6 】

具体的には、生成水分量 W_g が排出水分量 W_o よりも大きい場合には、燃料電池 2 内部に留まっている水分を外部に排出する方向に運転する制御信号をポンプ 3 に送出して、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を多くする。逆に、生成水分量 W_g が排出水分量 W_o よりも小さい場合には、燃料電池 2 内部から外部に排出される水分量を減少させる方向に運転する制御信号をポンプ 3 に送出して、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を少なくする。

【 0 0 3 7 】

換言すると、燃料電池 2 に流入する空気に含まれる水分量である吸気水分量と、燃料電池 2 の発電に伴って生成される水分量である生成水分量の和が、燃料電池 2 から排出される空気に含まれる水分量である排気水分量と等しくなる方向に、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を制御する。ポンプ 3 に対する制御信号が更新されるまで、ポンプ 3 はステップ 8 で計算した送出量となる制御信号による駆動が継続される。

【 0 0 3 8 】

ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量の制御をフィードバック制御とするため、ステップ 8 で生成水分量 W_g と排出水分量 W_o が等しくなる方向にポンプ 3 を制御した後、再び制御ルーチンがステップ 2 から実行される。燃料電池 2 に流入する空気量の制御に際しては、メモリ 5 2 に経時的に記録されている生成水分量 W_g および排出水分量 W_o のデータに基づいて、排出水分量 W_o の値を生成水分量 W_g と等しくなるように、P I (P r o p o r t i n a l I n t e g r a l) 制御や P I D (P r o p o r t i n a l I n t e g r a l D i f f e r e n t i a l) 制御等を動作特性に応じて用いる。

【 0 0 3 9 】

上述した様に、本実施の形態における燃料電池運転方法では、ポンプ 3 が燃料電池 2 に対して供給する空気と、燃料電池 2 から外部に排出される空気の双方における温度、湿度、流量を測定し、燃料電池 2 内部に流入する空気に含まれている水分量と、燃料電池 2 内部から排出される空気に含まれている水分量とを求めて、単位時間当たりの排出水分量 W_o を求める。また、燃料電池 2 が供給する出力電流 I_{out} を測定することで、燃料電池 2 の電極反応に伴い生成される単位時間当たりの生成水分量 W_g を求める。

【 0 0 4 0 】

排出水分量 W_o と生成水分量 W_g とを等しくするようにポンプ 3 の駆動をフィードバック制御することにより、燃料電池 2 内部の水分量が一定に保たれ、高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。

また、燃料電池 2 内部に残留する水分量を一定に保つことができるため、燃料電池 2 内部で流路が水滴によって閉塞される不具合を低減することができる。

【 0 0 4 1 】

燃料電池 2 に流入してくる空気に含まれる水分量も考慮した空気の供給量に制御すること

10

20

30

40

50

で、燃料電池 2 で単位時間あたりに生成される水分量が少なく、空気中に含まれる水分量を無視できない状況においても、精度良く燃料電池 2 内部に残留する水分量を調整して、高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、ポンプ 3 から燃料電池 2 に対して送出される空気の流量を制御するだけで、燃料電池 2 内部に残留する水分量を調整することができるため、加湿手段や乾燥手段を別途設ける必要が無く、燃料電池システムの小型軽量化を図ることができる。

【 0 0 4 2 】

上述した説明では、ステップ 3 乃至ステップ 7 において制御手段 5 の CPU 5 1 が式 1 乃至式 5 の演算を行うとしたが、各ステップで式に入力される値と演算結果について、複数の入力値による演算結果を予め算出して配列データとして記憶手段 5 2 に記録しておき、配列データを参照することで演算結果を得るとしてもよい。これにより、CPU 5 1 の処理速度が遅い場合には、配列データの参照により演算結果を得るほうが制御手段 5 の制御動作を高速化することが可能となる。

10

【 0 0 4 3 】

[第二の実施の形態]

次に本願発明の他の実施の形態を、図面を参照して説明する。本実施の形態の燃料電池システムの構成は、第一の実施の形態において図 1 及び図 2 を用いて説明したものと同様であるため、重複を避けるために説明を省略する。本実施の形態が第一の実施の形態と異なる点は、燃料電池駆動方法でのフィードバック制御に関する部分であり、排出水分量 W_o と生成水分量 W_g とを積算して空気の流量制御を行うという点である。

20

【 0 0 4 4 】

図 4 は、本実施の形態の燃料電池運転方法であるポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気の流量を制御する方法について説明する制御ルーチンの一例を示すフローチャートである。なお、制御ルーチンは制御手段 5 の CPU 5 1 が実行可能な形式でメモリ 5 2 に記録されていて、随時 CPU 5 1 が呼び出して実行するものとしてもよく、CPU 5 1 自体が制御ルーチンを実行するために設計された DSP (digital signal processor) であるとしてもよい。

【 0 0 4 5 】

ステップ 1 1 はポンプ 3 を制御する制御信号を生成するための制御ルーチンの開始であり、制御手段 5 の CPU 5 1 により実行され、自動的にステップ 1 2 に移行する。

30

【 0 0 4 6 】

ステップ 1 2 は初期化ステップであり、以前に制御ルーチンが実行された際にメモリ 5 2 に記録されているデータを初期化する。このステップでは、電流遮断法を用いて高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を計測して、燃料電池 2 内部に存在する水分量である初期水分量を算出し、高分子電解質層 2 1 にとって好適な湿潤状態となる水分量と初期水分量との差を、積算された生成水分量 W_g の初期値に設定してメモリ 5 2 に記録する。また、以前の制御ルーチン実行時にメモリ 5 2 に記録されている積算された排出水分量 W_o をゼロに設定し、積算されている吸気水分量と排気水分量を初期値に設定してメモリ 5 2 に記録する。積算された生成水分量 W_g と吸気水分量と排気水分量と積算された排出水分量 W_o の初期値がメモリ 5 2 に記録された後、制御ルーチンはステップ 1 3 に移行する。この初期化ステップは、後述するように一定期間が経過する毎に実行されるため、定期的に積算された生成水分量 W_g と吸気水分量と排気水分量と積算された排出水分量 W_o の初期化が実行されることになる。

40

【 0 0 4 7 】

ステップ 1 3 は計測ステップであり、燃料電池 2 に流入してくる空気に関して、吸気側計測手段 7 である吸気側流量計 7 a が吸気流量 V_{i_n} [m^3 / s] を測定し、吸気側温度計 7 b が吸気温度 T_{i_n} [] を測定し、吸気側湿度計 7 c が吸気湿度 $R h_{i_n}$ [%] を測定する。また、燃料電池 2 から流出してくる空気に関して、排気側計測手段 8 である排気側流量計 8 a が排気流量 $V_{o_u_t}$ [m^3 / s] を測定し、排気側温度計 8 b が排気温度 $T_{o_u_t}$ [] を測定し、排気側湿度計 8 c が排気湿度 $R h_{o_u_t}$ [%] を測定する。また

50

、電流計 9 が負荷 6 に流れる出力電流 I_{out} を測定する。制御手段 5 の A/D コンバータ 53 は、計測結果を CPU 51 で処理可能なデジタル信号のデータに変換し、メモリ 52 に記録する。計測結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 14 に移行する。

【0048】

ステップ 14 は飽和水蒸気圧を求めるステップであり、CPU 51 は $Tentens$ の式として知られる近似式である式 1 に基づいて、式 1 中の T に吸気温度 T_{in} を代入して吸気飽和水蒸気圧 $P_{sat, in}$ を算出し、式 1 中の T に排気温度 T_{out} を代入して排気飽和水蒸気圧 $P_{sat, out}$ を算出し、計算結果をメモリ 52 に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 15 に移行する。

【0049】

ステップ 15 は水蒸気圧を求めるステップであり、CPU 51 はメモリ 52 に記録されているデータを用いて式 2 に示した飽和水蒸気圧と相対湿度との乗算を行う。具体的には、 P_{sat} に吸気飽和水蒸気圧 $P_{sat, in}$ を代入し、 Rh に吸気湿度 Rh_{in} を代入して吸気水蒸気圧 $P_{s, in}$ を算出し、 P_{sat} に排気飽和水蒸気圧 $P_{sat, out}$ を代入し、 Rh に排気湿度 Rh_{out} を代入して排気水蒸気圧 $P_{s, out}$ を算出し、計算結果をメモリ 52 に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 16 に移行する。

【0050】

ステップ 16 は空気中に水蒸気の形態で混入している水分量である絶対湿度を求めるステップである。CPU 51 はメモリ 52 に記録されているデータを用いて、水の分子量と気体の状態方程式から得られる式 3 に示した計算を行う。具体的には、 P_s に吸気水蒸気圧 $P_{s, in}$ を代入し、 T に吸気温度 T_{in} を代入して吸気絶対湿度 $H_{in} [g/m^3]$ を算出し、 P_s に排気水蒸気圧 $P_{s, out}$ を代入し、 T に排気温度 T_{out} を代入して排気絶対湿度 $H_{out} [g/m^3]$ を算出し、計算結果をメモリ 52 に記録する。計算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 17 に移行する。

【0051】

ステップ 17 は空気の供給・排出に伴って単位時間あたりに水蒸気の形態で燃料電池 2 外部に持ち出される水分量である排出水分量を求めて、積算された排出水分量を算出するステップである。CPU 51 はメモリ 52 に記録されている排気絶対湿度 H_{out} 、吸気絶対湿度 H_{in} 、排気流量 V_{out} 、吸気流量 V_{in} を用いて式 4 に示した計算を行って排出水分量 $W_o [g/s]$ を算出する。 $H_{in} \times V_{in}$ によって燃料電池 2 内部に流入する空気に含まれている吸気水分量が計算され、 $H_{out} \times V_{out}$ によって燃料電池 2 内部から排出される空気に含まれている排気水分量が計算され、その差を求めることで排出水分量 W_o が求められる。前回の制御ルーチン実行時からメモリ 52 に記録されている吸気水分量と排気水分量と排出水分量の積算値に今回の計算結果を積算して、積算された排出水分量 W_o と吸気水分量と排気水分量を計算メモリ 52 に記録する。積算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 18 に移行する。

【0052】

ステップ 18 は燃料電池の電極反応に伴い生成される単位時間あたりの水分量である生成水分量を求めて、積算された生成水分量を算出するステップである。CPU 51 はファラデー定数を F 、水の分子量を 18、燃料電池 2 のセル数を n として、出力電流 I_{out} を用いて式 5 に示した計算を行って生成水分量 $W_g [g/s]$ を算出し、前回の制御ルーチン実行時からメモリ 52 に記録されている生成水分量の積算値に今回の計算結果を積算してメモリ 52 に積算された生成水分量 W_g を記録する。積算結果が記録された後、制御ルーチンはステップ 19 に移行する。

【0053】

ステップ 19 はポンプ 3 に対する制御信号を算出するステップである。CPU 51 は、ステップ 13 乃至ステップ 18 から算出した積算された排出水分量 W_o と積算された生成水分量 W_g とを比較し、積算された排出水分量 W_o と積算された生成水分量 W_g が等しくなる方向にポンプ 3 が供給する空気量を制御する制御信号を生成する。

10

20

30

40

50

【0054】

具体的には、積算された生成水分量 W_g が積算された排出水分量 W_o よりも大きい場合には、燃料電池 2 内部に留まっている水分を外部に排出する方向に運転する制御信号をポンプ 3 に送出して、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を多くする。逆に、積算された生成水分量 W_g が積算された排出水分量 W_o よりも小さい場合には、燃料電池 2 内部から外部に排出される水分量を減少させる方向に運転する制御信号をポンプ 3 に送出して、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を少なくする。

【0055】

換言すると、燃料電池 2 に流入する空気に含まれる水分量である吸気水分量の積算値と、燃料電池 2 の発電に伴って生成される水分量である生成水分量の積算値との和が、燃料電池 2 から排出される空気に含まれる水分量である排気水分量の積算値と等しくなる方向に、ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量を制御する。ポンプ 3 に対する制御信号が更新されるまで、ポンプ 3 はステップ 19 で計算した送出量となる制御信号による駆動が継続される。

10

【0056】

燃料電池 2 に流入する空気量の制御に際しては、メモリ 52 に経時的に記録されている積算された生成水分量 W_g および積算された排出水分量 W_o のデータに基づいて、積算された生成水分量 W_g を目標値として、積算された排出水分量 W_o との偏差を基にポンプ 3 の流量にフィードバック制御をかける。制御方法は、PI (Proportional Integral) 制御や PID (Proportional Integral Differential) 制御等を動作特性に応じて用いる。ポンプ 3 が燃料電池 2 に供給する空気量の制御をフィードバック制御とするため、ステップ 19 で積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o が等しくなる方向にポンプ 3 を制御した後に、ステップ 20 に移行する。

20

【0057】

ステップ 20 は条件分岐ステップであり、積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o の初期化を行うかどうかを判断するステップである。制御ルーチンのステップ 12 において、積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o の初期化が行われてから一定期間が経過している場合には、再びステップ 12 に移行し、積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o の初期化を再度行ってからのフィードバック制御を行う。積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o の初期化が行われてから一定期間が経過していない場合には、再びステップ 14 に移行して、ステップ 17 とステップ 18 で算出した積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o を用いてのフィードバック制御を行う。

30

【0058】

上述した様に、本実施の形態における燃料電池運転方法では、ポンプ 3 が燃料電池 2 に対して供給する空気と、燃料電池 2 から外部に排出される空気の双方における温度、湿度、流量を測定し、燃料電池 2 内部に流入する空気に含まれている水分量と、燃料電池 2 内部から排出される空気に含まれている水分量とを求めて、積算された排出水分量 W_o を求める。また、燃料電池 2 が供給する出力電流 I_{out} を測定することで、燃料電池 2 の電極反応に伴い生成される積算された生成水分量 W_g を求める。

40

【0059】

積算された排出水分量 W_o と積算された生成水分量 W_g とを等しくするようにポンプ 3 の駆動をフィードバック制御することにより、燃料電池 2 内部の水分量が一定に保たれ、高分子電解質層 21 の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、燃料電池 2 内部に残留する水分量を一定に保つことができるため、燃料電池 2 内部で流路が水滴によって閉塞される不具合を低減することができる。

【0060】

燃料電池 2 に流入して来る空気に含まれる水分量も考慮した空気の供給量に制御することで、燃料電池 2 で単位時間あたりに生成される水分量が少なく、空気中に含まれる水分量

50

を無視できない状況においても、精度良く燃料電池 2 内部に残留する水分量を調整して、高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、ポンプ 3 から燃料電池 2 に対して送出される空気の流量を制御するだけで、燃料電池 2 内部に残留する水分量を調整することができるため、加湿手段や乾燥手段を別途設ける必要が無く、燃料電池システムの小型軽量化を図ることができる。

【 0 0 6 1 】

また、定期的に高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を計測して、積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o の初期値を設定しなおすため、繰り返して制御ルーチンを実行するうちに積算された生成水分量 W_g と積算された排出水分量 W_o に誤差が蓄積されていったとしても、実測した高分子電解質層 2 1 の湿潤状態を制御ルーチン内で反映させて、誤差の蓄積を解消して精密な制御を行うことができる。

10

【 0 0 6 2 】

上述した説明では、ステップ 1 4 乃至ステップ 1 8 において制御手段 5 の CPU 5 1 が式 1 乃至式 5 の演算を行うとしたが、各ステップで式に入力される値と演算結果について、複数の入力値による演算結果を予め算出して配列データとして記憶手段 5 2 に記録しておく、配列データを参照することで演算結果を得るとしてもよい。これにより、CPU 5 1 の処理速度が遅い場合には、配列データの参照により演算結果を得るほうが制御手段 5 の制御動作を高速化することが可能となる。

【 0 0 6 3 】

【発明の効果】

吸気水分量と生成水分量との和が排気水分量と等しくなるように燃料電池に流入する空気の流量をフィードバック制御することにより、燃料電池で単位時間当たりに生成される水分量が少なく、空気中に含まれる水分量を無視できない状況においても、燃料電池内部の水分量が一定に保たれ、高分子電解質層の湿潤状態を発電に適したものとすることができる。また、燃料電池内部に残留する水分量を一定に保つことができるため、燃料電池内部で流路が水滴によって閉塞される不具合を低減することができる。

20

【 0 0 6 4 】

また、吸気水分量と排気水分量と生成水分量とを、時間経過に応じて積算して算出し、一定期間経過する毎に、積算して算出された吸気水分量と排気水分量とを初期化し、燃料電池に含まれている初期水分量を測定して、所定の水分量と初期水分量との差を前記生成水分量と設定する。これにより、定期的に高分子電解質層の湿潤状態を計測して、積算された生成水分量と排出水分量の初期値を設定しなおすため、繰り返して制御ルーチンを実行するうちに積算された生成水分量排出水分量に誤差が蓄積されていったとしても、実測した高分子電解質層の湿潤状態を制御ルーチン内で反映させて、誤差の蓄積を解消して精密な制御を行うことができる。

30

【 0 0 6 5 】

またフィードバック制御に、PI 制御または PID 制御を、初期水分量の測定に電流遮断法を用いることで、効率よくフィードバック制御と初期水分量の測定を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【図 1】本願発明の燃料電池システムの構成例を示すブロック図である。

【図 2】燃料電池の内部構造の一例を示す模式図である。

【図 3】第一の実施の形態における燃料電池システムのフィードバック制御の手順を説明するためのフローチャートである。

【図 4】第二の実施の形態における燃料電池システムのフィードバック制御の手順を説明するためのフローチャートである。

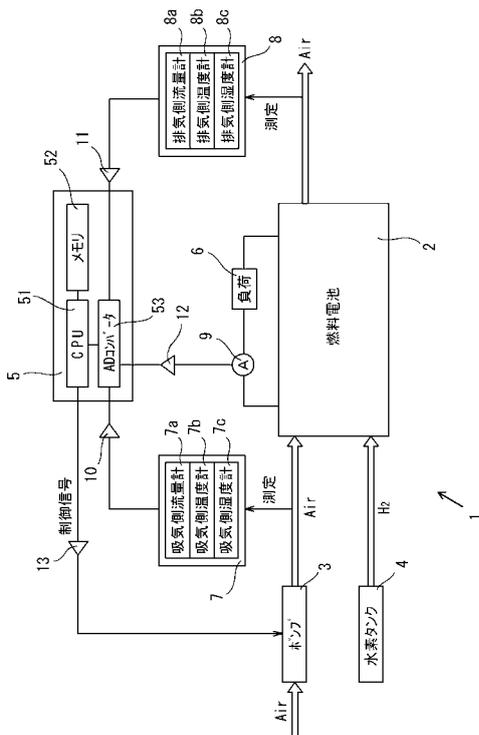
【符号の説明】

1 燃料電池システム、2 燃料電池、3 ポンプ、4 水素タンク、5 制御手段、6 負荷、7 吸気側計測手段、7 a 吸気側流量計、7 b 吸気側温度計、7 c 吸気側湿度計、8 排気側計測手段、8 a 排気側流量計、8 b 排気側温度計、8 c 排気側

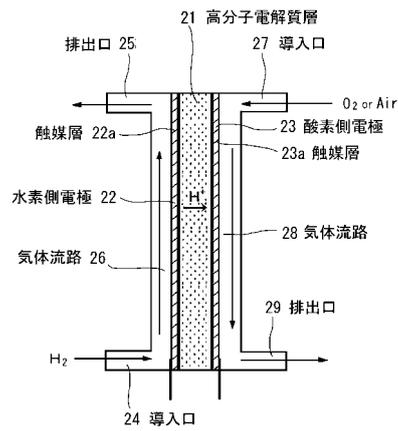
50

湿度計、9 電流計、10, 11, 12, 13 増幅器、21 高分子電解質層、22 水素側電極、23 酸素側電極、22a, 23a 触媒層、24 導入口、25 排出口、26 気体流路、27 導入口、28 気体流路、29 排出口、51 CPU、52 記憶手段、53 コンバータ、 H_{in} 吸気絶対湿度、 H_{out} 排気絶対湿度、 I_{out} 出力電流、 $P_{s, in}$ 吸気水蒸気圧、 $P_{s, out}$ 排気水蒸気圧、 $P_{sat, in}$ 吸気飽和水蒸気圧、 $P_{sat, out}$ 排気飽和水蒸気圧、 Rh_{in} 吸気湿度、 Rh_{out} 排気湿度、 T_{in} 吸気温度、 T_{out} 排気温度、 V_{in} 吸気流量、 V_{out} 排気流量、 Wg 生成水分量、 Wo 排出水分量、 Wg 積算された生成水分量、 Wo 積算された排出水分量

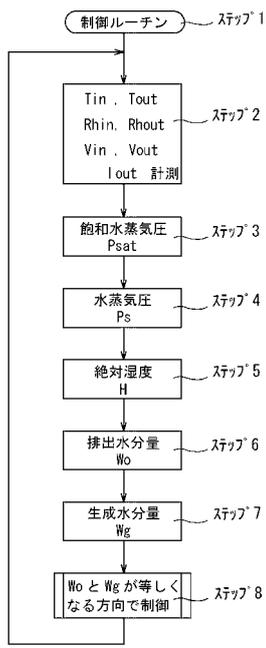
【図1】



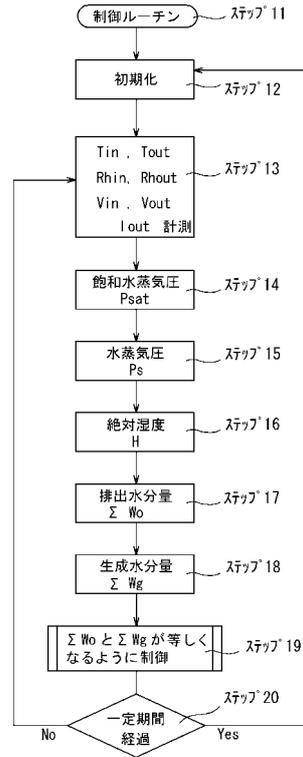
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-150952(JP,A)
特開昭59-149666(JP,A)
特開2001-155752(JP,A)
特開2001-143732(JP,A)
特開2001-226988(JP,A)
特開2004-119052(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/04-8/06,8/10