

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4379987号
(P4379987)

(45) 発行日 平成21年12月9日(2009.12.9)

(24) 登録日 平成21年10月2日(2009.10.2)

(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 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平11-340626	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成11年11月30日(1999.11.30)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2001-155752(P2001-155752A)	(74) 代理人	100083998 弁理士 渡邊 丈夫
(43) 公開日	平成13年6月8日(2001.6.8)	(72) 発明者	永宮 清美 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成17年12月2日(2005.12.2)	(72) 発明者	山下 勝司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	前田 岩夫 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料ガスと酸化性ガスとの反応によって電気的エネルギーを発生し、かつアノードとカソードとから出力する燃料電池の制御装置において、

前記アノード側に設けられている燃料ガス流路の平均圧力を検出する圧力センサと、
 前記カソード側に設けられている酸化性ガス流路の平均圧力を検出する圧力センサと、
 前記燃料ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が高い場合に前記燃料ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を少なくするとともに、前記燃料ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が低い場合に前記燃料ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を多くし、
 また前記酸化性ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が高い場合に前記酸化性ガスによって燃料電池に対して供給する水分量である加湿量を少なくすることとともに、前記酸化性ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が低い場合に前記酸化性ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を多くする加湿制御手段を備え、

その加湿制御手段は、アノード側の加湿量を、余剰ガスと共に排出される水分量と、プロトンの移動に伴ってアノード側からカソード側に移動する水分量とを加え、かつアノード側とカソード側との湿度差(水分量の差)によってカソード側からアノード側に浸透するバックデフュージョン水の水分量を差し引いて決定し、またカソード側の加湿量を、余剰空気と共に排出される水分量から、反応によって生じた生成水量と、ドラッグ水として供給される水分量とを減算し、これに前記バックデフュージョン水として失われる水分量を加えて決定する手段を含み、

さらに前記燃料電池の内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段と、前記加湿制御手段により決定された前記各加湿量を、前記内部抵抗検出手段で検出された内部抵抗が大きい場合には減量し、かつ前記内部抵抗検出手段で検出された内部抵抗が小さい場合には増量する第一加湿量補正手段とを備えていることを特徴とする燃料電池の制御装置。

【請求項 2】

前記酸化性ガス流路はガスの入口部と出口部とを有し、

その入口部の圧力を検出する入口圧力検出手段と、

前記加湿制御手段により前記燃料電池の内部の状況に応じて決定された加湿量を、前記入口圧力検出手段で検出された前記入口部の圧力に基づいて増量もしくは減量する第二加湿量補正手段と

を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃料ガスと酸化性ガスとの電気化学的な反応によって電力を得る燃料電池の制御装置に関し、特に燃料電池に対する加湿量を制御する制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

高分子電解質膜型の燃料電池やリン酸型燃料電池などの燃料電池では、電解質の電気伝導度や活性を維持するために水分を外部から供給する必要があり、また電極の電気抵抗を低下させるためにも湿潤状態に維持する必要がある。例えば前者のイオン交換膜などの高分子電解質膜型燃料電池では、電解質膜の電気伝導度を高くし、かつ各電極の電気抵抗を低く抑えるために、燃料ガス（水素ガス）および酸化性ガス（空気）に水分を含ませて燃料電池に供給し、燃料電池の加湿をおこなっている。

【0003】

その加湿量は、電気伝導度あるいは電気抵抗の点では可及的に多量であることが望ましい。しかしながら、水分が過剰になって電解質の表面あるいは電極が水滴で覆われると、ガスの反応が阻害されて燃料電池の出力が低下し、また例えば電解質膜を透過した水素イオン（プロトン）がカソード側で電子と結合し、空気に水素ガスが混入する事態が生じることがある。そのため、加湿量には、フラッシングやそれに伴う出力の低下を防止するうえでの制約がある。したがって燃料電池の加湿は、予め定めた目標値に基づいて制御するよりも、電気抵抗や出力に基づいて制御するのが一般的である。

【0004】

これに対して特開平 10 - 255828 号公報に記載された発明では、供給ガス流量、供給ガス温度、純水温度、電池負荷および電池内部温度に基づいて、供給ガスに対する純水の噴射量を制御し、加湿をおこなっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

例えば前述した固体高分子膜型燃料電池における電解質および各電極に供給される水分は、ガスと共に供給された水分および湿度差によって浸透する水分ならびに反応によって生じる水分である。これに対して排出される水分は、ガスと共に排出される水分である。この供給側の水分量を、上記の公報に記載された発明では、供給ガス流量、純水温度、電池負荷および電池内部温度に基づいて制御しており、これは燃料電池の運転で要求される水分量の制御である。またこれに加えて、上記の公報に記載された発明では、供給ガス温度に基づいて水分量を制御することにより、水分が相対的に過剰になって結露が生じることを防止している。

【0006】

しかしながら、燃料電池を運転している状態では、水分の供給と排出とが同時に生じるが、上記の公報に記載された発明では、供給側の水分量を制御しているものの、余剰ガスと

10

20

30

40

50

共に排出される水分量を制御に取り込んでいない。すなわち、燃料電池の内部の状況を必ずとも正確に反映した加湿制御とはなっていないので、水分の過不足が生じる可能性がある。

【0007】

この発明は、上記の課題に着目してなされたものであり、燃料電池の内部の状況を、より正確に反映した水分の制御をおこなって安定した高出力発電を可能にする制御装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用】

この発明は、燃料電池の内部圧力が高いほど水分の絶対量が多くなって余剰ガスが水分を持ち去ることによる水分の不足が生じにくく、また反対に内部圧力が低い場合には、燃料電池の内部の水分の絶対量が少なくなって余剰ガスが持ち去ることによる水分の不足が生じやすくなることに着目し、加湿量の制御パラメータとして燃料電池内の圧力を取り入れたことを特徴とするものである。

【0012】

すなわち、請求項1の発明は、上記の目的を達成するために、燃料ガスと酸化性ガスとの反応によって電氣的エネルギーを発生し、かつアノードとカソードとから出力する燃料電池の制御装置において、前記アノード側に設けられている燃料ガス流路の平均圧力を検出する圧力センサと、前記カソード側に設けられている酸化性ガス流路の平均圧力を検出する圧力センサと、前記燃料ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が高い場合に前記燃料ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を少なくするとともに、前記燃料ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が低い場合に前記燃料ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を多くし、また前記酸化性ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が高い場合に前記酸化性ガスによって燃料電池に対して供給する水分量である加湿量を少なくすることとともに、前記酸化性ガス流路の前記圧力センサで検出された圧力が低い場合に前記酸化性ガスによる前記燃料電池に対する加湿量を多くする加湿制御手段を備え、その加湿制御手段は、アノード側の加湿量を、余剰ガスと共に排出される水分量と、プロトンの移動に伴ってアノード側からカソード側に移動する水分量とを加え、かつアノード側とカソード側との湿度差（水分量の差）によってカソード側からアノード側に浸透するバックデフュージョン水の水分量を差し引いて決定し、またカソード側の加湿量を、余剰空気と共に排出される水分量から、反応によって生じた生成水量と、ドラッグ水として供給される水分量とを減算し、これに前記バックデフュージョン水として失われる水分量を加えて決定する手段を含み、さらに前記燃料電池の内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段と、前記加湿制御手段により決定された前記各加湿量を、前記内部抵抗検出手段で検出された内部抵抗が大きい場合には減量し、かつ前記内部抵抗検出手段で検出された内部抵抗が小さい場合には増量する第一加湿量補正手段とを備えていることを特徴とする制御装置である。

【0013】

したがって請求項1の発明では、内部抵抗を増大させないように加湿をおこなうことができるので、燃料電池の出力を増大させることができる。

【0014】

そして、請求項2の発明は、請求項1の構成に加えて、前記酸化性ガス流路はガスの入口部と出口部とを有し、その入口部の圧力を検出する入口圧力検出手段と、前記加湿制御手段により前記燃料電池の内部の状況に応じて決定された加湿量を、前記入口圧力検出手段で検出された前記入口部の圧力に基づいて増量もしくは減量する第二加湿量補正手段とを更に備えていることを特徴とする制御装置である。

【0015】

したがって請求項2の発明では、燃料電池のガスの入口圧力が高いと、水分を含むガスが燃料電池に入りにくくなるが、その入口圧力に基づいて加湿量を補正するので、燃料電池にガスが入りにくい場合であっても加湿量が不足することを回避でき、また反対にガスが入りやすい場合に過剰に加湿することを回避できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

つぎにこの発明を図に示す具体例に基づいて説明する。図 3 は、この発明で対象とする燃料電池 1 の単体（単セル）を模式的に示しており、固体電解質 2 を挟んでアノード（陰極、燃料極）3 と、カソード（陽極、空気極）4 とが設けられている。その固体電解質 2 は、要は、イオン透過性のある物質からなるものであって、一例としてプロトン透過性のある高分子膜によって構成されている。また、各電極 3, 4 は、撥水性のある粒子と触媒粒子とからなる多孔質層に集電体を密着させて構成されている。

【 0 0 1 7 】

さらにそのアノード 3 側には、燃料ガス流路 5 が形成され、その燃料ガス流路 5 に燃料ガス供給源の一例である改質器 6 が接続されている。この改質器 6 は、メタノールなどの炭化水素の改質反応によって水素リッチな改質ガスを生成する装置であり、したがって図 3 に示す例では、改質ガスが燃料ガスとして用いられている。また、この改質器 6 は、改質反応に必要な水蒸気量以上の水蒸気を供給して改質ガスを適宜の湿潤状態に設定するように構成されている。

【 0 0 1 8 】

前記燃料ガス流路 5 における圧力を検出するための圧力センサ 7 が設けられている。これは、例えば、燃料ガス流路 5 の流入側の圧力と流出側の圧力と平均値としてアノード 3 側の圧力を検出するように構成されている。

【 0 0 1 9 】

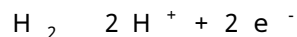
一方、カソード 4 側には、酸化性ガス流路 8 が形成されており、この酸化性ガス流路 8 には、酸化性ガスとして空気を供給するエアポンプ 9 が接続されている。このエアポンプ 9 と酸化性ガス流路 8 との間には、空気に対して水分を付与する加湿アクチュエータ 10 が接続されている。さらに、酸化性ガス流路 8 における圧力を検出するための圧力センサ 11 が設けられている。これは、例えば酸化性ガス流路 8 の流入側の圧力と流出側の圧力との平均値としてカソード 4 側の圧力を検出するように構成されている。

【 0 0 2 0 】

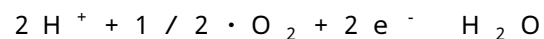
上記の燃料電池 1 には、走行用モータなどの適宜の外部負荷 12 が接続されており、その回路の途中には、電圧センサ 13 と電流センサ 14 とが設けられている。さらに、燃料電池 1 の抵抗値を検出する抵抗値センサ 15 と、温度を検出する温度センサ 16 が設けられている。そして、上記の各センサ 7, 11, 13, 14, 15, 16 や図示しない他のセンサから入力されるデータに基づいて演算をおこなって加湿量を制御する制御装置（ECU）17 が設けられている。

【 0 0 2 1 】

上記の燃料電池 1 では、水素リッチな改質ガスを燃料ガスとして、空気中の酸素を酸化性ガスとすることにより、下記の反応が生じて起電力が得られる。すなわちアノード 3 側では、



の反応が生じて電子が放出され、またカソード 4 側では、



の反応が生じ、水が生成される。

【 0 0 2 2 】

各電極 3, 4 および固体電解質 2 は上記の生成水と、各ガスと共に供給された水とによって湿潤状態に維持されるが、発電に伴う水分の浸透や余剰ガスによる外部への流出が生じる。そこでこの発明に係る制御装置 17 では、図 1 に示すようにして加湿量（加湿のための水の量）を求めて加湿するように構成されている。

【 0 0 2 3 】

すなわち燃料電池 1 の内部での水の挙動は以下に述べるように解析できるので、燃料電池 1 の物理モデルに基づいて各運転状態に応じた加湿量が求められる（ステップ S1）。先ず、アノード 3 側の加湿量 W_{ain} (mol/sec) は、余剰ガスと共に排出される水分量 W_{ao}

10

20

30

40

50

ut (mol / sec) と、プロトンの移動に伴ってアノード 3 側からカソード 4 側に移動する水分量 (ドラッグ水の量) W_{drag} (mol / sec) とを加え、かつアノード 3 側とカソード 4 側との湿度差 (水分量の差) によってカソード 4 側からアノード 3 側に浸透する水分量 (バックデフュージョン水の量) $W_{backdef}$ (mol / sec) を差し引いた量である。

【式 1】

$$W_{ain} = W_{aout} + (W_{drag} - W_{backdef}) \quad \dots (1)$$

【0024】

これに対してカソード 4 側の加湿量 W_{cin} (mol / sec) は、余剰空気と共に排出される水分量 W_{cout} (mol / sec) から、反応によって生じた生成水量 W_{gen} (mol / sec) と、ドラッグ水として供給される水分量 W_{drag} とを減算し、これにバックデフュージョン水として失われる水分量 $W_{backdef}$ を加えた量である。

10

【式 2】

$$W_{cin} = W_{cout} - W_{gen} - (W_{drag} - W_{backdef}) \quad \dots (2)$$

【0025】

上記の (1) 式における余剰ガスと共に排出される水分および反応によって失われる水分の量と、ドラッグ水およびバックデフュージョン水との相殺分 ($W_{drag} - W_{backdef}$) とは、ファラデーの法則などを用いて近似的に下記の (3) 式および (4) 式で求まる。

20

【式 3】

$$\begin{aligned} W_{ain} &= W_{aout} + (W_{drag} - W_{backdef}) \\ &= (P_{cs} / (P_a - P_{cs})) \times (A \times I \times s_{ta} / (2 \times F) - A \times I / (2 \times F)) + (A \times I) / (2 \times F) \times 2 \times n \end{aligned} \quad \dots (3)$$

【式 4】

$$\begin{aligned} W_{cin} &= W_{cout} - (W_{drag} - W_{backdef}) - W_{gen} \\ &= (P_{cs} / (P_c - P_{cs})) \times (A \times I \times s_{tc} / (4 \times F) - A \times I / (4 \times F)) - (A \times I) / (2 \times F) \times 2 \times n - A \times I / (2 \times F) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

30

【0026】

なお、これら (3) 式および (4) 式において、 P_{cs} はその時点の燃料電池 1 の温度における飽和水蒸気圧 (ata)、 P_a はアノード 3 側の圧力 (ata)、 A は電極の面積 (cm^2)、 I は電流値 (A / cm^2)、 s_{ta} は水素ガス過剰率 (アノードストイキ)、 F はファラデー定数 ($\text{A} \cdot \text{sec} / \text{mol}$)、 n はバックデフュージョンとドラッグ水とのトータルでプロトン 1 個につき移動する水分子の数、 P_c はカソード側の圧力 (ata)、 s_{tc} は酸素過剰率 (カソードストイキ) をそれぞれ表している。

40

【0027】

したがって各センサ 7, 11, 13, 14, 15, 16 で得られた電流値や燃料電池 1 の温度、各電極 3, 4 での圧力、運転時に設定される各ガスの過剰率などのデータを上記の (3) 式および (4) 式に代入することにより、燃料ガスの加湿量 W_{ain} および酸化性ガスの加湿量 W_{cin} の理論値を求めることができる。その場合、各電極 3, 4 側での圧力を、加湿量を算定するパラメータとして採用し、圧力が高い場合には加湿量を少なくし、低圧の場合には加湿量を多くすることになるので、燃料電池 1 の内部の状況をより正確に反映した加湿をおこなうことができる。

【0028】

50

前述したように、燃料電池 1 内の水分量は、抵抗値に大きく影響し、水分量が低下した場合には抵抗値が増大する。そして、抵抗値は実測することができるので、上記の物理モデルに基づいて求められた値を抵抗値に基づいて補正する（ステップ S 2）。下記の（5）式および（6）式は、実測された抵抗値 R_{fc} に基づいて加湿量 W_{ain} 、 W_{cin} を補正する演算式の一例である。

【式 5】

$$W_{ain}' = W_{ain} + K_{pa} \times (R_{ef} R_{fc} - R_{fc}) + K_{ia} \times \Sigma (R_{ef} R_{fc} - R_{fc}) \dots (5)$$

【式 6】

$$W_{cin}' = W_{cin} + K_{pc} \times (R_{ef} R_{fc} - R_{fc}) + K_{ic} \times \Sigma (R_{ef} R_{fc} - R_{fc}) \dots (6)$$

【0029】

なお、これらの（5）式および（6）式で、 $R_{ef} R_{fc}$ は目標抵抗値、 K_{pa} 、 K_{ia} 、 K_{pc} 、 K_{ic} のそれぞれは予め定めた制御パラメータ、シグマ ($R_{ef} R_{fc} - R_{fc}$) は目標抵抗値と実測した抵抗値との偏差の積算量である。

【0030】

このように燃料電池 1 における物理量の実測値に基づいて加湿量を補正することにより、燃料電池 1 の内部の状況をより正確に反映した加湿をおこなうことが可能になる。

【0031】

ところで、酸化性ガスである空気に対して水分を供給する加湿アクチュエータ 10 は、一例として電圧に応じて吐出量が増大するタイプの加湿器であり、加湿水量と電圧とはほぼ比例関係にある。図 2 は、その特性線を示している。

【0032】

一方、この加湿アクチュエータ 10 によって加湿水を吐出する場合、酸化性ガス流路 8 の圧力が高いほど、相対的な吐出量が少なくなる。したがって目標とする加湿量を吐出するためには指令電圧を、酸化性ガス流路 8 における圧力に応じて高くする必要がある。このような圧力に応じた補正は、具体的には、酸化性ガス流路 8 の入口圧力に基づいておこなう（ステップ S 3）。すなわち入口圧力が高いほど、図 2 における比例定数（勾配）の大きい特性線に基づいた加湿アクチュエータ指令電圧を設定する。このような内部の圧力に基づいた補正をおこなうことにより、燃料電池 1 の内部の状況をより正確に反映した加湿をおこなうことが可能になる。

【0033】

そして、上記のようにして求められた指令値を出力する（ステップ S 4）。すなわち加湿アクチュエータ 10 に対しては入口圧力によって補正した指令電圧を出力する。また、アノード 3 側の加湿をおこなうために、改質器 6 における S/C（水蒸気量と炭素量との比）を、算出された加湿量となるように変化させる。

【0034】

ここで、上記の具体例とこの発明との関係を説明すると、上記のステップ S 1 の制御を実行する機能的手段が、請求項 1 および 2 の発明における加湿制御手段に相当し、前記抵抗値センサ 15 が請求項 1 の発明における内部抵抗検出手段に相当し、上記のステップ S 2 の制御を実行する機能的手段が、請求項 1 の発明における第一加湿量補正手段に相当し、前記圧力センサ 11 が請求項 2 の発明における入口圧力検出手段に相当し、前記ステップ S 3 の制御を実行する機能的手段が、請求項 2 の発明における第二加湿量補正手段に相当する。

【0035】

なお、上記の具体例では、高分子電解質膜を使用した燃料電池を例に採って説明したが、この発明は上記の具体例に限定されないものであって、要は、加湿を必要とする燃料電池の制御装置に適用することができる。また、その燃料電池は、水素リッチな改質ガスや空気

10

20

30

40

50

を使用する型式の燃料電池に限られないのであって、他の適宜のガスを使用する燃料電池であってもよい。したがってこの発明における物理モデルは、それぞれ対象とする燃料電池に応じたものを設定すればよい。

【0036】

【発明の効果】

以上説明したように請求項1の発明によれば、燃料電池内の水分量に直結して変化する内部抵抗に基づいて加湿量を補正するように構成したので、燃料電池内の水分が不足したり過剰になったりすることを防止でき、その結果、電解質や電極などにおける水分の制御精度が向上し、安定した高出力発電をおこなうことができる。

【0038】

さらに請求項2の発明によれば、燃料電池の入口圧力に基づいて加湿量を補正するので、燃料電池の実際の状況を正確に反映した加湿をおこなうことが可能になり、この点でも加湿量の過不足を防止して安定した高出力発電をおこなうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による制御装置で実行される制御例を説明するためのフローチャートである。

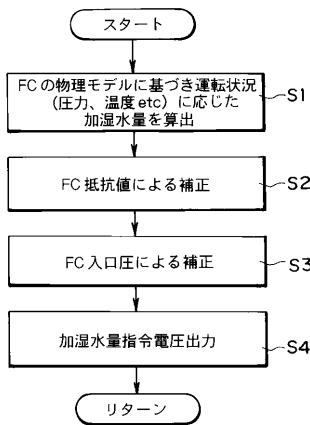
【図2】 加湿アクチュエータにおける加湿水量と指令電圧との関係を示す特性線図である。

【図3】 燃料電池およびその制御システムの全体的に構成を模式的に示すブロック図である。

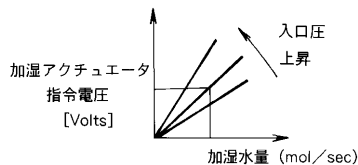
【符号の説明】

1 ... 燃料電池、 2 ... 固体電解質、 3 ... アノード、 4 ... カソード、 5 ... 燃料ガス流路、 8 ... 酸化性ガス流路、 10 ... 加湿アクチュエータ、 17 ... 制御装置。

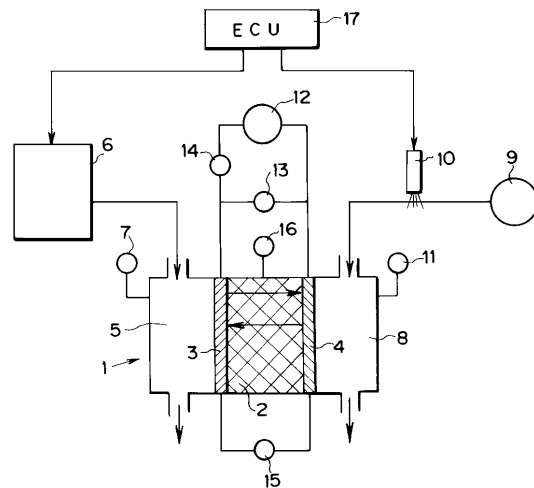
【図1】



【図2】



【図3】



1: 燃料電池 3: アノード 4: カソード 5: 燃料ガス流路
8: 酸化性ガス流路 10: 加湿アクチュエータ

10

20

フロントページの続き

- (72)発明者 山岡 正明
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 水野 誠司
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 原 賢一

- (56)参考文献 特開平11-162490(JP,A)
特開2000-315509(JP,A)

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