

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4940640号
(P4940640)

(45) 発行日 平成24年5月30日(2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日(2012.3.9)

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

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-344912 (P2005-344912)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成17年11月30日(2005.11.30)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2007-149572 (P2007-149572A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成19年6月14日(2007.6.14)	(74) 代理人	100100022
審査請求日	平成19年12月20日(2007.12.20)		弁理士 伊藤 洋二
		(74) 代理人	100108198
			弁理士 三浦 高広
		(74) 代理人	100111578
			弁理士 水野 史博
		(72) 発明者	坂上 祐一
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	伊豆原 英嗣
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸化剤ガスと燃料ガスを電気化学反応させて発電する燃料電池セル(100)を複数枚積層した燃料電池(1)と、

前記燃料電池(1)の内部抵抗を測定する内部抵抗測定手段(8、9)と、

前記燃料電池(1)の内部に存在する水分を除去する水分除去手段(22)と、

前記水分除去手段(22)による水分除去を制御する制御手段(50)とを備え、

前記制御手段(50)は、前記水分除去手段(22)による水分除去を行っている際の前記内部抵抗の上昇速度を演算し、前記水分除去の終了を判定するための基準となる終了判定用内部抵抗を、前記上昇速度が速いほど小さくなるように決定するとともに、前記水分除去手段(22)による前記水分除去の終了条件を前記内部抵抗が前記終了判定用内部抵抗を上回った場合に決定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

酸化剤ガスと燃料ガスを電気化学反応させて発電する燃料電池セル(100)を複数枚積層した燃料電池(1)と、

前記燃料電池(1)の内部抵抗を測定する内部抵抗測定手段(8、9)と、

前記燃料電池(1)の内部に存在する水分を除去する水分除去手段(22)と、

前記水分除去手段(22)による水分除去を制御する制御手段(50)とを備え、

前記制御手段(50)は、前記水分除去手段(22)による水分除去を行っている際の前記内部抵抗の上昇速度を演算し、前記水分除去の終了を判定するための基準となる終了

判定用時間を、前記上昇速度が速いほど短くなるように決定するとともに、前記水分除去手段(22)による前記水分除去の終了条件を前記水分除去処理を開始してからの経過時間が前記終了判定用時間を越えた場合に決定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項3】

前記水分除去手段は、前記燃料電池(10)内に空気流を供給し、前記燃料電池(10)内に滞留している水を除去する掃気処理を行う掃気手段(22)であることを特徴とする請求項1または2に記載の燃料電池システム。

【請求項4】

前記内部抵抗測定手段(8、9)は、高周波インピーダンス法により前記燃料電池(1)の内部抵抗を測定するものであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

10

【請求項5】

前記内部抵抗測定手段は、電流遮断法により前記燃料電池(1)の内部抵抗を測定するものであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項6】

前記制御手段(50)は、前記燃料電池(1)の発電停止後、前記燃料電池(1)の内部抵抗が安定する時間が経過後、前記燃料電池(1)の内部抵抗を測定し、前記内部抵抗に基づいて前記燃料電池(1)の内部に存在する水分量が基準値を上回っていると判定された場合に、前記水分除去手段(22)による水分除去を行うことを特徴とする請求項1

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水素と酸素との電気化学反応により電気エネルギーを発生させる燃料電池を備える燃料電池システムに関するもので、特に車両、船舶及びポータブル発電機等の移動体用発電機に適用して有効である。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は発電反応に伴い水を生成し、その生成水の一部は発電停止後にも燃料電池内部に残留する。残留水が多い場合には、氷点下のような低温環境下での燃料電池始動時に触媒表面やガス流路等で残留水が凍結して、反応ガスが触媒まで到達できず、燃料電池での発電が継続できないという問題があった。また、氷点下にならずともガス流路や拡散層、触媒層に残留した水が存在し、触媒に反応ガスが到達するのを阻害し、燃料電池での発電が継続できないという問題があった。そこで、従来技術として、発電停止時に乾燥操作を行い、そのセル内部の水分状態を、交流インピーダンス法を用いて測定した反応抵抗、内部(電解質膜)抵抗から推定する方法が知られている(特許文献1参照)。

30

【特許文献1】特開2005-71626号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0003】

次の低温環境下での燃料電池の始動を保証しようとする場合、セパレータの反応ガス流路を含めたセル内部に存在する水分量を管理する必要がある。その理由は、セル内部に存在する水はセル内部で移動可能であり、セパレータの反応ガス流路に存在した水が、反応面である触媒層に移動することもあり得るからである。

【0004】

しかしながら、上記交流インピーダンス法では、電解質膜抵抗、反応抵抗の測定により、電解質膜、触媒層、拡散層の水分量はある程度推定することができるが、セパレータの反応ガス流路に存在する水分(液滴)は検出できない。このため、セパレータの反応ガス流路を含めたセル内部に存在する水分量を正確に推定することができず、燃料電池内部の

50

水分量を適切に制御することが困難であった。

【0005】

本発明は上記点に鑑み、システムを複雑化させることなく、燃料電池内部に残留する水分量を精度良く検出し、燃料電池の内部水分量を適正に制御することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、酸化剤ガスと燃料ガスを電気化学反応させて発電する燃料電池セル(100)を複数枚積層した燃料電池(1)と、燃料電池(1)の内部抵抗を測定する内部抵抗測定手段(8、9)と、燃料電池(1)の内部に存在する水分を除去する水分除去手段(22)と、水分除去手段(22)による水分除去を制御する制御手段(50)とを備え、制御手段(50)は、水分除去手段(22)による水分除去を行っている際の内部抵抗の上昇速度を演算し、水分除去の終了を判定するための基準となる終了判定用内部抵抗を、上昇速度が速いほど小さくなるように決定するとともに、水分除去手段(22)による水分除去の終了条件を内部抵抗が終了判定用内部抵抗を上回った場合に決定することを特徴としている。

10

また、請求項2に記載の発明は、制御手段(50)は、水分除去手段(22)による水分除去を行っている際の内部抵抗の上昇速度を演算し、水分除去の終了を判定するための基準となる終了判定用時間を、上昇速度が速いほど短くなるように決定するとともに、水分除去手段(22)による水分除去の終了条件を水分除去処理を開始してからの経過時間が終了判定用時間を越えた場合に決定することを特徴としている。

20

【0008】

このように、燃料電池(1)から水分を除去するための掃気処理を開始する際に、内部抵抗の上昇速度を求めることで、燃料電池(1)の内部水分量を精度よく検出することができる。そして、内部抵抗の上昇速度に基づいて掃気処理の終了条件を決定することで、燃料電池(1)の内部水分量を適正な状態に管理することができる。なお、本明細書においては、燃料電池の内部抵抗を燃料電池のインピーダンスと同義のものとして扱っている。

【0009】

また、請求項3に記載の発明のように、水分除去手段として、燃料電池(10)内に空気を供給し、燃料電池(10)内に滞留している水を除去する掃気処理を行う掃気手段(22)を用いることができる。

30

【0012】

また、請求項4に記載の発明のように、内部抵抗測定手段(8、9)は、高周波インピーダンス法により燃料電池(1)の内部抵抗を測定するものとして行うことができる。あるいは、請求項5に記載の発明のように、内部抵抗測定手段は、電流遮断法により燃料電池(1)の内部抵抗を測定するものとして行うことができる。

【0013】

また、請求項6に記載の発明は、制御手段(50)は、燃料電池(1)の発電停止後、燃料電池(1)の内部抵抗が安定する時間が経過した後、燃料電池(1)の内部抵抗を測定し、内部抵抗に基づいて燃料電池(1)の内部に存在する水分量が基準値を上回っていると判定された場合に、水分除去手段(22)による水分除去を行うことを特徴としている。これにより、燃料電池内部の水分状態が安定してから燃料電池(1)の内部抵抗を測定でき、燃料電池(1)の内部水分量を精度よく推定することができる。

40

【0014】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

(第1実施形態)

50

以下、本発明の第1実施形態を図1～図5に基づいて説明する。本実施形態は、本発明を燃料電池を電源として走行する電気自動車（燃料電池車両）に適用した実施例である。

【0016】

図1は、本実施形態の燃料電池システムの概念図である。図1に示すように、本実施形態の燃料電池システムは、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生する燃料電池1を備えている。本実施形態では燃料電池1として固体高分子型燃料電池を用いており、基本単位となるセル100が複数積層されて構成されている。

【0017】

燃料電池1では、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。なお、水素が本発明の燃料ガスに相当し、酸素（空気）が本発明の酸化剤ガスに相当している。

【0018】

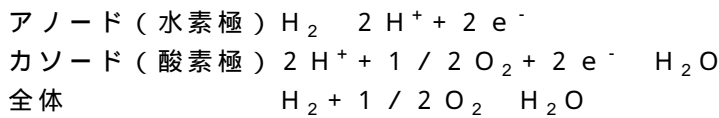


図2(a)は燃料電池1の断面図であり、図2(b)はセパレータ104の側面図である。図2(a)に示すように、各セル100は、電解質膜101、触媒層102、拡散層103、セパレータ104、電極板105、締結板106を備えている。電解質膜101の両外側には一対の触媒層102は配置され、触媒層102の外側には一対の拡散層103が配置されている。触媒層102と拡散層103は電極（水素極と酸素極）を構成している。

【0019】

拡散層103には、セパレータ104が配置されている。水素極側に配置されたセパレータ104には、水素が通過する溝状の水素経路104aが形成されており、空気極側に配置されたセパレータ104には、酸素（空気）が通過する溝状の空気経路104bが形成されている。さらにセパレータ104には、冷却水が通過する冷却水経路104cが形成されている。

【0020】

図2(b)に示すように、セパレータ104には、空気経路104bに空気を流入出させるための空気入口部104dと空気出口部104eが形成されている。さらに、セパレータ104には、水素経路104aに水素を流入出させるための水素入口部104fと水素出口部104gが設けられ、冷却水経路104cに冷却水を流入出させるための冷却水入口部104hと冷却水出口部104iが設けられている。そして、上記電気化学反応によって酸素極側で生成した水分は空気経路104bに滞留することとなる。

【0021】

図1に戻り、燃料電池1と二次電池3は、DC-DCコンバータ2を介して電氣的に接続されている。DC-DCコンバータ2は、燃料電池1から二次電池3あるいは二次電池3から燃料電池1への電力の流れをコントロールする。DC-DCコンバータ2は昇降圧チョッパ回路で、燃料電池1で発生した電力を二次電池3に充電したり、二次電池3に蓄えられた電力を燃料電池1や走行用インバータ4に供給することができる装置である。DC-DCコンバータ2は電圧の大きさに関わらず双方向に電力のやり取りが可能となっている。

【0022】

DC-DCコンバータ2と二次電池3の間に走行用インバータ4が接続されている。DC-DCコンバータ2を経由した燃料電池1からの電力あるいは二次電池3からの電力が走行用インバータ4へ供給される。なお、走行用インバータ4は燃料電池1とDC-DCコンバータ2の間に接続してもよい。

【0023】

走行用インバータ4は、走行用モータ5を駆動させたりあるいは電力を回生させるためのインバータである。本実施形態の走行用インバータ4は3相インバータであり、3相の

10

20

30

40

50

交流電力を走行用モータ5に供給し、走行用モータ5を回転させることで燃料電池車両を走行させる。

【0024】

また、燃料電池1の発電時に余った電力を二次電池3に蓄えることができる。二次電池3は回生ブレーキなどによって回生された電力を蓄えることができるため、効率的な車両システムとすることができる。通常、二次電池3は最適な充電状態に充電されている。本実施形態では、二次電池3から走行用インバータ4に電力供給できるように構成されており、例えば急加速時などに急激に大きな電力が必要な場合に、燃料電池1からだけでなく二次電池3からも電力を引き出して走行用インバータ4に供給することで対応することができる。

10

【0025】

さらにDC-DCコンバータ2と二次電池3との間には、後述のW/P用モータ42を作動させるためのW/P用インバータ6と圧縮機用モータ23を作動させるための圧縮機用インバータ7が接続されている。さらに、燃料電池システムには、燃料電池1の端子間電圧を検出するための電圧センサ8と、燃料電池1からの出力電流を検出するための電流センサ9が設けられている。

【0026】

燃料電池システムには、燃料電池1の酸素極に供給される酸素ガス(空気)が通過する空気供給経路20と、燃料電池1の酸素極から排出される空気極側排ガスが通過する空気排出経路21が設けられている。空気供給経路20には、空気を供給するための空気供給装置22が設けられている。本実施形態では、空気供給装置22として空気圧縮機を用いている。空気供給装置22は圧縮機用モータ23と機械的に接続されている。圧縮機用モータ23は、圧縮機用インバータ7により電力供給されるとともに、回転数制御される。

20

【0027】

空気供給経路20における空気供給装置22の上流側には、燃料電池1に供給される空気の流量を検出する空気流量検出手段としてのエアフロセンサ24が設けられている。また、空気排出経路21には、所望の圧力になるよう空気の排気圧力(燃料電池1の背圧)を調整する調圧装置26が設けられている。

【0028】

また、発電時における電気化学反応のために、燃料電池1内の固体高分子膜を水分を含んだ湿潤状態にしておく必要がある。このため、空気供給経路20における空気供給装置22の下流側には、燃料電池1に供給される空気に加湿するための加湿装置25が設けられている。加湿装置25は、燃料電池1から排出され湿った排気空気に含まれる水分を用いて、空気供給装置22の吐出後の空気を加湿する。

30

【0029】

燃料電池システムには、燃料電池1の水素極に供給される水素ガスが通過する水素供給経路30と、燃料電池1の水素極から排出される水素極側排ガスが通過する水素排出経路31が設けられている。水素供給経路30の最上流部には、燃料電池1の水素極に水素ガスを供給するための水素供給装置32が設けられている。本実施形態では、水素供給装置32として、高圧の水素が充填された水素タンクを用いている。

40

【0030】

水素供給経路30には、上流側から順に第1シャット弁33、調圧装置34、第2シャット弁35が設けられている。燃料電池1に水素を供給する際には、第1シャット弁33と第2シャット弁35を開き、調圧装置34によって所望の水素圧力にして燃料電池1に供給する。車両停止時には、安全の為に第2シャット弁33、第2シャット弁35は閉められる。

【0031】

水素排出配管31には、第3シャット弁36が設けられている。必要に応じて第3シャット弁36を開くことで、燃料電池1の水素極側から水素排出配管31を介して、未反応

50

水素ガス、蒸気（あるいは水）および空気極側から電解質膜 101 を通過して水素極側に混入した窒素、酸素などの不純物が排出される。

【0032】

燃料電池 1 は発電に伴い発熱を生じる。このため、燃料電池システムには、燃料電池 1 を冷却して作動温度が効率の良い温度（80 前後）となるよう冷却システムが設けられている。冷却システムには、燃料電池 10 に冷却水（熱媒体）を循環させる冷却水経路 40、冷却水を循環させるウォータポンプ（W/P）41、ウォータポンプ 41 を駆動する W/P 用モータ 42、ファン 43 を備えたラジエータ 44 が設けられている。

【0033】

ウォータポンプ 41 は W/P 用モータ 42 と機械的に接続されており、W/P 用モータ 42 を回転させることによりウォータポンプ 41 を回転させて燃料電池 1 に冷却液を循環させる。W/P 用モータ 42 は、W/P 用インバータ 6 により電力供給されるとともに、回転数制御される。

10

【0034】

冷却水経路 40 には、冷却水をラジエータ 44 をバイパスさせるためのバイパス経路 45 が設けられている。冷却水経路 40 とバイパス経路 45 との合流点には、バイパス経路 45 に流れる冷却水流量を調整するための三方切替弁 46 が設けられている。

【0035】

また、冷却水経路 40 における燃料電池 1 の出口側近傍には、燃料電池 1 から流出した冷却水の温度を検出する温度検出手段としての温度センサ 47 が設けられている。この温度センサ 47 により冷却水温度を検出することで、燃料電池 1 の温度 T_{FC} を間接的に検出することができる。温度センサ 47 を燃料電池 1 本体に直接設置し、燃料電池温度 T_{FC} を直接的に検出してもよい。

20

【0036】

燃料電池 1 で発生した熱は、冷却水を介してラジエータ 44 で系外に排出される。このような冷却系によって、ウォータポンプ 41 による流量制御、ファン 43 による風量制御、三方切替弁 46 によるバイパス流量制御で、燃料電池 1 の冷却量制御を行うことができる。

【0037】

燃料電池システムには、各種制御を行う制御手段としての制御部（ECU）50 が設けられている。制御部 50 は、CPU、ROM、RAM、I/Oなどを備えた周知のマイクロコンピュータによって構成され、ROMなどに記憶されたプログラムに従って各種演算などの処理を実行する。制御部 50 には、各種負荷からの要求電力信号、電圧センサ 8 からの電圧信号、電流センサ 9 からの電流信号、エアフロセンサ 24 からの空気流量信号、温度センサ 47 からの温度信号等が入力される。また、制御部 50 は、DC-DCコンバータ 2、二次電池 3、インバータ 4、6、7、モータ 23、42、調圧装置 26、シャット弁 33、35、36、調圧装置 34、ファン 43、三方切替弁 46 等に制御信号を出力するように構成されている。

30

【0038】

次に、燃料電池 1 内部のインピーダンスの測定方法について説明する。まず、インピーダンス測定のために、燃料電池 1 に二次電池 2 と DC-DCコンバータ 3 を用いて高周波の交流電圧を印加する。高周波電圧の周波数は、200 Hz ~ 10 kHz の間で行えばよい。また、別体の高周波電圧印加装置を用いて燃料電池 1 に高周波交流電圧を印加するように構成してもよい。

40

【0039】

そして、燃料電池 1 に交流電圧を印加している際に、電圧センサ 8 と電流センサ 9 で電圧値と電流値を測定する。そして、制御部 50 にて電圧センサ 8 で測定した電圧値と電流センサ 9 で測定した電流値から燃料電池 1 のインピーダンスを計算することができる。また、先行文献（特開 2005-71626 号公報）にもあるようにインピーダンスは温度依存性があるため、温度センサ 15 にて燃料電池温度 T_{FC} を測定し、制御部 50 では燃料

50

電池温度 T_{FC} をも考慮してインピーダンスを算出する。燃料電池 1 に高周波を印加したときのインピーダンスは燃料電池 1 の内部抵抗にほぼ等しいため、燃料電池 1 のインピーダンスを燃料電池 1 の内部抵抗として扱うことができる。なお、電圧センサ 8 と電流センサ 9 が本発明の内部抵抗測定手段に相当している。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、セル 1 0 0 内部の水分除去のために掃気処理を行った場合における燃料電池 1 のインピーダンス R の経時変化を示している。掃気処理は、燃料電池 1 の発電停止後、空気供給装置 2 2 によりセル 1 0 0 の空気通路 1 0 4 b に一定流量の空気を供給することで行う。なお、空気供給装置 2 2 が本発明の水分除去手段と掃気手段に相当している。

【 0 0 4 1 】

図 3 (a) は、燃料電池 1 (セル 1 0 0) の内部水分量が少ない場合のインピーダンス変化を示し、図 3 (b) は、燃料電池 1 (セル 1 0 0) の内部水分量が多い場合のインピーダンス変化を示している。

【 0 0 4 2 】

図 3 (a) に示すように、セル 1 0 0 の内部水分量が少ないときは、掃気を開始するとほぼ直線的にインピーダンスが立ち上がる。一方、図 3 (b) に示すように、セル 1 0 0 の内部水分量が多いときは、セル 1 0 0 の内部水分量が少ないときに比較して、インピーダンスの上昇速度が遅くなる。これは、セル 1 0 0 の内部水分量が多いと、セル 1 0 0 の空気経路 1 0 4 b に導入された掃気用空気の相対湿度が比較的早く上昇し、蒸発による水分除去の効果が減少するためである。つまり、燃料電池 1 内部のインピーダンスの上昇速度は、セパレータ 1 0 4 に付着した液滴を含めた水分量と相関があるため、インピーダンス 1 0 4 の上昇速度から含水量を推定することが可能となる。

【 0 0 4 3 】

具体的に説明すると、図 3 (b) に示すようにインピーダンスの上昇速度が遅いときは、セパレータ 1 0 4 にも水分が多く残っていることが推定される。その為、セル 1 0 0 の内部水分量が多い状態で掃気処理をする際に、セル 1 0 0 の内部水分量が少なく比較的乾いた状態から掃気処理をする場合と同じインピーダンスで掃気処理を止めると、セパレータ 1 0 4 側に残留する水分が多くなる。この結果、次回の燃料電池 1 の始動性能を低下させてしまうことがある。このため、セル 1 0 0 の内部水分量が多いほど、掃気処理を長くし、セル 1 0 0 の内部水分量が少ないほど、掃気処理を短くする必要がある。

【 0 0 4 4 】

そこで、本実施形態では、掃気初期のインピーダンス上昇速度により、セル 1 0 0 の内部水分量を推定するように構成している。そして、セル 1 0 0 の内部水分量が推定できれば、掃気処理を行う時間あるいは掃気処理を停止する掃気終了判定インピーダンス R_F を決めることができ、これらいずれかを用いて掃気を停止すればよい。掃気初期のインピーダンス上昇速度は、掃気処理開始時の燃料電池 1 のインピーダンスと掃気処理開始時から一定時間 t_1 経過時の燃料電池 1 のインピーダンスとから算出することができる。

【 0 0 4 5 】

図 4 は、掃気開始時におけるインピーダンス上昇速度と、掃気処理の終了を判定するためのインピーダンス (制御基準値) との関係を示している。図 4 は、燃料電池温度 T_{FC} が一定の場合を示している。

【 0 0 4 6 】

図 4 に示すように、掃気開始時におけるインピーダンスの上昇速度が大きいほど、掃気終了判定インピーダンスが低くなり、掃気開始時におけるインピーダンスの上昇速度が小さいほど、掃気終了判定インピーダンスが高くなる。また、掃気終了判定インピーダンスは、掃気時の燃料電池温度 T_{FC} 、掃気用空気流量、セル 1 0 0 の構造、掃気用空気の湿度等によって異なるので、それらを考慮して掃気終了判定インピーダンスを決定する必要がある。本実施形態では、事前に使用するセル 1 0 0 を用いて条件を変えて掃気終了判定インピーダンスを測定し、インピーダンス上昇速度と掃気終了判定インピーダンスとを関連づけたマップを作成している。このマップでは、燃料電池温度 T_{FC} をも考慮して作成して

10

20

30

40

50

いる。そして、このマップを制御部50のROM等の記憶装置に格納し、制御部50はマップにしたがって掃気制御を行う。

【0047】

次に、本実施形態の燃料電池1の掃気処理について説明する。図5は、制御部50がROM等に格納されたプログラムにしたがって行う掃気処理を示すフローチャートである。

【0048】

本制御は、キースイッチがオフになり、燃料電池1の発電が停止することで開始する。まず、DC-DCインバータ2および二次電池3により燃料電池1に高周波電圧を印加しながら、電圧センサ8で電圧を検出し、電流センサ9で電流を検出し、さらに温度センサ47で燃料電池温度 T_{FC} を検出する(S10)。そして、電圧値、電流値と燃料電池温度 T_{FC} からインピーダンス R_1 を算出する(S11)。

【0049】

次に、インピーダンス R_1 が掃気開始判定インピーダンス R_a より小さいか否かを判定する(S12)。掃気開始判定インピーダンス R_a は、掃気処理を行うか否かを判定するための基準値となるインピーダンス値であり、燃料電池温度 T_{FC} を考慮して決定される。

【0050】

S12の判定処理の結果、インピーダンス R_1 が掃気開始判定インピーダンス R_a より大きいと判定された場合には(S12:NO)、セル100の内部水分量が少ないと推定できるため、掃気処理を行う必要がないと判断し、本制御を終了する。一方、インピーダンス R_1 が掃気開始判定インピーダンス R_a より小さいと判定された場合には(S12:YES)、セル100の内部水分量が多いと推定できるため、掃気処理を行う必要があると判断し、掃気処理を開始する(S13)。

【0051】

具体的には、空気供給装置22を駆動し、燃料電池1の空気極側に一定流量の空気を供給することで掃気処理を行う。本実施形態では、燃料電池1の空気極側だけに掃気を行うように構成しているが、例えば燃料電池1の水素経路が循環系になっており、循環回路に気液分離器が設けられているシステムであれば、燃料電池1の水素側の掃気も同時に行ってもよい。この場合、図示しない水素循環ポンプにより、循環回路中に水素を循環させることで、気液分離器により液体の水を回収する。

【0052】

掃気処理開始から所定時間 t_1 待機する(S14)。この所定時間 t_1 はインピーダンス上昇速度 V_R を算出するために設定される時間であり、任意に設定することができる。そして、掃気処理開始から所定時間 t_1 が経過した後で、電圧センサ8により電圧を検出し、電流センサ9で電流を検出して、インピーダンス R_2 を検出する(S15)。

【0053】

次に、掃気処理開始時におけるインピーダンス R_1 と掃気処理開始から所定時間 t_1 経過後におけるインピーダンス R_2 とからインピーダンス上昇速度 V_R を計算する(S16)。次に、インピーダンス上昇速度 V_R と掃気終了判定インピーダンス R_F とを関連づけたマップを用い、インピーダンス上昇速度 V_R および燃料電池温度 T_{FC} とに基づいて、掃気終了判定インピーダンス R_F を算出する(S17)。

【0054】

次に、電圧センサ8により電圧を検出し、電流センサ9で電流を検出して、インピーダンス R_3 を検出する(S18)。そして、インピーダンス R_3 が掃気終了判定インピーダンス R_F より大きいと判定する(S19)。この結果、インピーダンス R_3 が掃気終了判定インピーダンス R_F より大きくないと判定された場合には(S19:NO)、S17のインピーダンス検出処理に戻る。一方、インピーダンス R_3 が掃気終了判定インピーダンス R_F より大きいと判定された場合には(S19:YES)、掃気処理を終了する(S20)。具体的には、空気供給装置22を停止し、燃料電池1の空気極側への空気供給を停止する。

【0055】

10

20

30

40

50

以上のように、燃料電池 1 の発電停止後に水分除去のための掃気処理を開始する際に、インピーダンスの上昇速度を求めることで、燃料電池 1 の内部水分量を精度よく検出することができる。そして、インピーダンスの上昇速度に基づいて掃気処理を終了する掃気終了判定インピーダンスを決定することで、セル 100 の内部水分量を適正な状態に管理することができる。これにより、低温環境下で燃料電池 1 内部で水分が凍結することがなく、また、電解質膜 101 が乾燥しすぎることがないので、次回の燃料電池 1 の始動性能を向上させることができる。

【0056】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

10

【0057】

上述の図3(a)(b)から分かるように、セル100内部の掃気処理を行うと、燃料電池1のインピーダンスが上昇するが、掃気処理を停止すると急激に燃料電池1のインピーダンスが低下する。この理由としては、掃気処理前の発電状態や掃気処理により、電解質膜101に水分分布がついており、その分布が均一になるうとして燃料電池1のインピーダンスが低下すると考えられる。他の要因としては、セル100の水素極側から空気極側にクロスリークした水素が酸素と結合して水ができて、その生成水により燃料電池1のインピーダンスが低下することが考えられる。このように、燃料電池(1)の発電停止直後には、燃料電池1内部の水分状態が安定しない。

【0058】

20

しかし、燃料電池1のインピーダンスは、一旦低下した後は安定し、その後は燃料電池1の温度特性に応じてインピーダンスが変化する。燃料電池1のインピーダンスが安定した後のインピーダンス値と燃料電池1の内部水分量については、相関があることを確認している。つまり、燃料電池1のインピーダンスが安定した後のインピーダンス値と燃料電池温度 T_{FC} がわかれば、セル100の内部水分量が精度よく推定できる。

【0059】

このため、本第2実施形態では、車両停止から燃料電池1のインピーダンスが安定すると考えられる所定時間が経過してから燃料電池1のインピーダンスを測定する。本実施形態では、車両停止から3時間以上経過してから燃料電池1のインピーダンスを測定する。そして、測定したインピーダンスに基づいて水分量を推定し、セル100の内部水分量が

30

【0060】

(他の実施形態)

なお、上記第1実施形態では、掃気処理を終了する条件として、インピーダンス上昇速度に基づいて決定した掃気終了判定インピーダンスを用いたが、これに限らず、インピーダンス上昇速度に基づいて掃気処理を行う掃気時間を決定し、掃気処理開始から掃気時間が経過したら掃気処理を終了するように構成してもよい。

40

【0061】

また、上記各実施形態では、燃料電池1のインピーダンスを測定する方法として、燃料電池1に高周波を印加してインピーダンスを測定する高周波インピーダンス法を用いたが、これに限らず、例えば周知の電流遮断法により燃料電池1のインピーダンスを測定してもよい。電流遮断法では、通電状態の燃料電池1に対する電流を瞬時に遮断し、電流遮断時に電池両端電圧の傾きが変化する変曲点と通電状態との電位差と、通電電流からインピーダンスを求めることができる。

【0062】

また、上記実施形態では、制御部50がインピーダンス上昇速度に基づいて掃気終了判定インピーダンスを決定する際に、燃料電池温度 T_{FC} を考慮して掃気終了判定インピーダ

50

ンスを決定するように構成したが、燃料電池温度 T_{FC} のみならず、セパレータ 104 の空気経路 104 b に供給される空気流量や空気湿度を考慮して掃気終了判定インピーダンスを決定するように構成してもよい。これにより、より精度よく掃気終了判定インピーダンスを決定することができる。空気流量はエアフロセンサ 24 にて検出すればよく、空気湿度は空気供給配管 20 における加湿器 25 の下流側に湿度検出手段としての湿度センサを設け、これにより検出すればよい。また、制御部 50 は掃気終了判定インピーダンスを決定する際、燃料電池温度 T_{FC} 、空気流量、空気湿度のすべてを用いてもよく、一部のみを用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0063】

10

【図1】上記各実施形態の燃料電池システムの構成図である。

【図2】(a)は燃料電池の断面図であり、(b)はセパレータの側面図である。

【図3】セル内部の水分除去のために掃気処理を行った場合における燃料電池のインピーダンス R の経時的変化を示す特性図である。

【図4】掃気開始時におけるインピーダンス上昇速度と、掃気処理の終了を判定するための掃気終了判定インピーダンスとの関係を示す特性図である。

【図5】上記第1実施形態の掃気処理を示すフローチャートである。

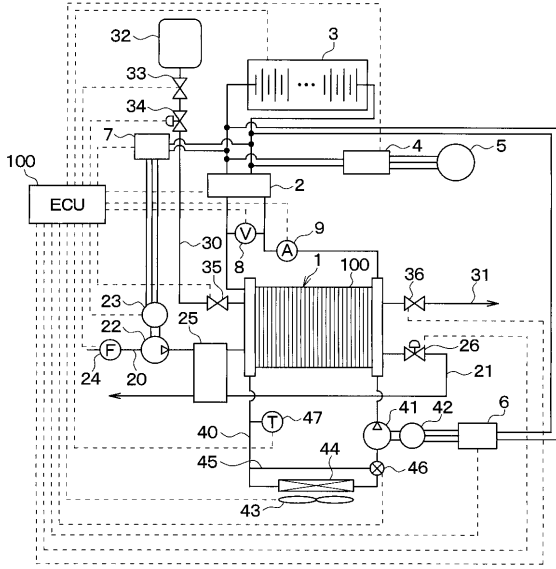
【符号の説明】

【0064】

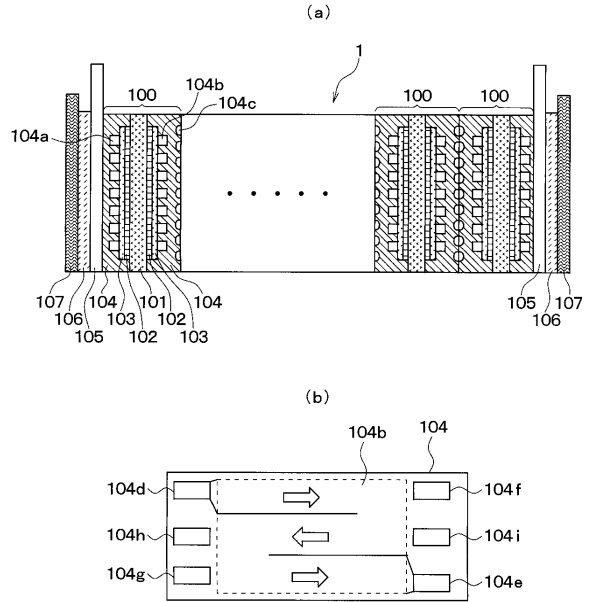
1 ... 燃料電池、2 ... DC - DC コンバータ、3 ... 二次電池、4 ... 走行用インバータ、5 ... 走行用モータ、6 ... W / P 用インバータ、7 ... 圧縮機用インバータ、8 ... 電圧センサ、9 ... 電流センサ、20 ... 空気供給配管、21 ... 空気放出配管、22 ... 空気供給装置、圧縮機用モータ、24 ... エアフロセンサ、25 ... 加湿装置、26 ... 調圧装置、30 ... 水素供給経路、31 ... 水素排出経路、32 ... 水素供給装置、33、35、36 ... シャット弁、34 ... 調圧装置、40 ... 冷却水経路、41 ... ウォータポンプ (W / P)、42 ... W / P 用モータ、44 ... ラジエータ、47 ... 温度センサ、50 ... 制御部 (ECU)。

20

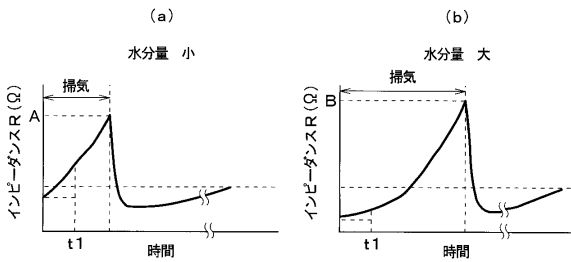
【図1】



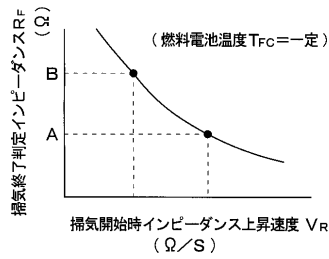
【図2】



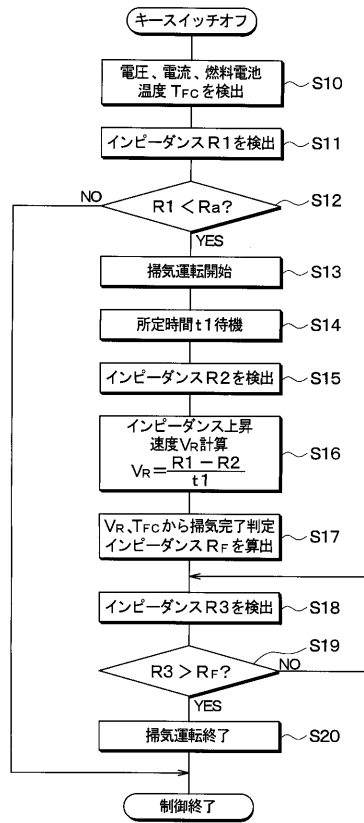
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 上原 昌徳
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 原 賢一

(56)参考文献 特開2002-352827(JP,A)
特開2004-207139(JP,A)
特開2005-141940(JP,A)
特開2005-141943(JP,A)

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