

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4831437号
(P4831437)

(45) 発行日 平成23年12月7日(2011.12.7)

(24) 登録日 平成23年9月30日(2011.9.30)

(51) Int.Cl.

F 1

H O 1 M 8/04 (2006.01)

H O 1 M 8/04 P

H O 1 M 8/00 (2006.01)

H O 1 M 8/04 X

H O 1 M 8/10 (2006.01)

H O 1 M 8/00 Z

H O 1 M 8/10

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-19702 (P2008-19702)
 (22) 出願日 平成20年1月30日(2008.1.30)
 (65) 公開番号 特開2009-181809 (P2009-181809A)
 (43) 公開日 平成21年8月13日(2009.8.13)
 審査請求日 平成21年3月5日(2009.3.5)

(73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 真司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (74) 代理人 100117189
 弁理士 江口 昭彦
 (72) 発明者 川瀬 綾子
 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】 燃料電池システム及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料供給源及び燃料電池を備え、前記燃料供給源から燃料ガス供給流路を経由させて前記燃料電池へと燃料ガスを供給して発電を行うとともに、前記燃料電池の間欠運転モードから通常運転モードへの移行後における前記燃料電池の出力を制限する出力制限手段を備える燃料電池システムであって、

前記出力制限手段は、前記間欠運転モードから前記通常運転モードへの移行後に前記燃料供給源から供給される燃料ガスの全流量から、前記間欠運転モードにおける前記燃料ガス供給流路内の燃料ガスの圧力を前記通常運転モードにおける燃料ガスの圧力に復帰させるために用いられる燃料ガスの流量を減じることにより、前記間欠運転モードから前記通常運転モードへの移行後に前記燃料電池に実際に供給される燃料ガスの流量を算出し、この算出した流量に対応した出力電流値を上限として前記燃料電池の出力を制限するものである、

燃料電池システム。

【請求項 2】

燃料供給源及び燃料電池を備え、前記燃料供給源から燃料ガス供給流路を経由させて前記燃料電池へと燃料ガスを供給して発電を行うとともに、前記燃料電池の間欠運転モードから通常運転モードへの移行後における前記燃料電池の出力を制限する燃料電池システムの制御方法であって、

前記間欠運転モードから前記通常運転モードへの移行後に前記燃料供給源から供給され

る燃料ガスの全流量から、前記間欠運転モードにおける前記燃料ガス供給流路内の燃料ガスの圧力を前記通常運転モードにおける燃料ガスの圧力に復帰させるために用いられる燃料ガスの流量を減じることにより、前記間欠運転モードから前記通常運転モードへの移行後に前記燃料電池に実際に供給される燃料ガスの流量を算出する流量算出工程と、

前記流量算出工程で算出した流量に対応した出力電流値を上限として前記燃料電池の出力を制限する出力制限工程と、を備える、
燃料電池システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、燃料電池システム及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、反応ガス（燃料ガス及び酸化ガス）の供給を受けて発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムが実用化されている。また、現在においては、燃料電池に加えて蓄電池等の二次電池を備え、低負荷時等に燃料電池の発電を一時的に停止させる運転（間欠運転）を行い、負荷の増加時等に通常運転に復帰して発電を再開させる燃料電池システムが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2003-303605号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ところで、燃料電池の発電を一時的に停止させる間欠運転時においては、燃料電池への燃料ガス供給が遮断されるため、燃料供給源から燃料電池へと燃料ガスを供給するための燃料供給流路内におけるガス圧力が、通常運転時におけるガス圧力よりも低下する。

【0004】

このため、前記特許文献1に記載したような従来の技術を採用して間欠運転から急加速を行おうとすると、燃料供給源からの燃料ガスの供給流量を増大させても、燃料供給流路内のガス圧力が通常運転時のガス圧力に復帰するまでの間は燃料電池自体に燃料ガスが十分に供給されない、という事態が発生し得る。このような事態が発生すると、間欠運転から通常運転への復帰後におけるストイキ比が低下して、燃料電池の発電状態の安定性が確保できないおそれがあった。

30

【0005】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、間欠運転等の発電停止状態から通常運転への過渡期において燃料電池の発電状態を安定させることができる燃料電池システムを提供することとする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的を達成するため、本発明に係る燃料電池システムは、燃料供給源及び燃料電池を備え、燃料供給源から燃料電池へと燃料ガスを供給して発電を行うとともに、燃料電池の発電停止状態から発電状態への移行後における燃料電池の出力を制限する出力制限手段を備える燃料電池システムであって、出力制限手段は、発電停止状態から発電状態への移行後に燃料供給源から供給される燃料ガスの全流量から、発電停止状態における燃料ガスの圧力を発電状態における燃料ガスの圧力に復帰させるために用いられる燃料ガスの流量を減じることにより、発電停止状態から発電状態への移行後に燃料電池に実際に供給される燃料ガスの流量を算出し、この算出した流量に対応した出力電流値を上限として燃料電池の出力を制限するものである。

40

【0007】

また、本発明に係る燃料電池システムの制御方法は、燃料供給源及び燃料電池を備え、燃料供給源から前記燃料電池へと燃料ガスを供給して発電を行うとともに、燃料電池の発

50

電停止状態から発電状態への移行後における燃料電池の出力を制限する燃料電池システムの制御方法であって、発電停止状態から発電状態への移行後に燃料供給源から供給される燃料ガスの全流量から、発電停止状態における燃料ガスの圧力を発電状態における燃料ガスの圧力に復帰させるために用いられる燃料ガスの流量を減じることにより、発電停止状態から発電状態への移行後に燃料電池に実際に供給される燃料ガスの流量を算出する流量算出工程と、流量算出工程で算出した流量に対応した出力電流値を上限として燃料電池の出力を制限する出力制限工程と、を備えるものである。

【0008】

かかる構成及び方法を採用すると、発電停止状態から発電状態への移行後における燃料ガスの全供給流量から、ガス圧力を復帰させるために用いられる流量を減じることにより、燃料電池に実際に供給される流量を算出し、この算出した流量に対応した出力電流値を上限として燃料電池の出力を制限することができる。従って、発電停止状態から発電状態への移行後における燃料電池での消費ガス量を制限してストイキ比の低下を抑制することができるので、燃料電池の発電状態を安定させることができる。

10

【0009】

なお、「発電停止状態」とは、燃料電池による発電を停止した状態（例えば、燃料電池の運転を完全に停止させる運転停止モードや、低負荷時等に燃料電池の発電を一時的に停止させる間欠運転モード）を意味し、「発電状態」とは、燃料電池が継続的に発電を行っている状態（通常運転モード）を意味する。また、「ストイキ比」とは、燃料電池での消費ガス量に対する燃料電池への供給ガス量の余剰比を意味する。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、間欠運転等の発電停止状態から通常運転への過渡期において燃料電池の発電状態を安定させることができる燃料電池システムを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る燃料電池システム1について説明する。本実施形態においては、本発明を燃料電池車両の車載発電システムに適用した例について説明することとする。

【0012】

まず、図1を用いて、本発明の実施形態に係る燃料電池システム1の構成について説明する。

30

【0013】

本実施形態に係る燃料電池システム1は、図1に示すように、反応ガス（酸化ガス及び燃料ガス）の供給を受けて電力を発生する燃料電池2、酸化ガスとしての空気を燃料電池2に供給する酸化ガス配管系3、燃料ガスとしての水素ガスを燃料電池2に供給する燃料ガス配管系4、システムの電力を充放電する電力系5、システム全体を統括制御する制御装置6等を備えている。

【0014】

燃料電池2は、例えば固体高分子電解質型で構成され、多数の単電池を積層したスタック構造を備えている。燃料電池2の単電池は、イオン交換膜からなる電解質の一方の面にカソード極（空気極）を有し、他方の面にアノード極（燃料極）を有し、さらにカソード極及びアノード極を両側から挟みこむように一対のセパレータを有している。一方のセパレータの燃料ガス流路に燃料ガスが供給され、他方のセパレータの酸化ガス流路に酸化ガスが供給され、このガス供給により燃料電池2は電力を発生する。燃料電池2には、発電中の電流及び電圧（出力電流及び出力電圧）を検出する電流センサ2a及び電圧センサ2bが取り付けられている。なお、燃料電池2としては、固体高分子電解質型のほか、磷酸型や熔融炭酸塩型等種々のタイプのものを採用することができる。

40

【0015】

酸化ガス配管系3は、エアコンプレッサ31、酸化ガス供給路32、加湿モジュール3

50

3、カソードオフガス流路34、希釈器35、エアコンプレッサ31を駆動するモータM1等を有している。

【0016】

エアコンプレッサ31は、制御装置6の制御指令で作動するモータM1の駆動力により駆動されて、図示していないエアフィルタを介して外気から取り込んだ酸素（酸化ガス）を燃料電池2のカソード極に供給する。酸化ガス供給路32は、エアコンプレッサ31から供給される酸素を燃料電池2のカソード極に導くためのガス流路である。燃料電池2のカソード極からはカソードオフガスが排出される。このカソードオフガスは、燃料電池2の電池反応により生成された水分を含むため高湿潤状態となっている。

【0017】

加湿モジュール33は、酸化ガス供給路32を流れる低湿潤状態の酸化ガスと、カソードオフガス流路34を流れる高湿潤状態のカソードオフガスと、の間で水分交換を行い、燃料電池2に供給される酸化ガスを適度に加湿する。カソードオフガス流路34は、カソードオフガスをシステム外に排気するためのガス流路であり、そのガス流路のカソード極出口付近にはエア調圧弁A1が配設されている。燃料電池2に供給される酸化ガスの背圧は、エア調圧弁A1によって調圧される。希釈器35は、水素ガスの排出濃度を予め設定された濃度範囲（環境基準に基づいて定められた範囲等）に収まるように希釈する。希釈器35には、カソードオフガス流路34の下流及び後述するアノードオフガス流路44の下流が連通しており、水素オフガス及び酸素オフガスは混合希釈されてシステム外に排気されることとなる。

【0018】

燃料ガス配管系4は、燃料供給源41、燃料ガス供給路42、燃料ガス循環路43、アノードオフガス流路44、水素循環ポンプ45、逆止弁46、水素循環ポンプ45を駆動するためのモータM2等を有している。

【0019】

燃料供給源41は、燃料電池2へ水素ガス等の燃料ガスを供給する手段であり、例えば高圧水素タンクや水素貯蔵タンク等によって構成される。燃料ガス供給路42は、燃料ガス供給源41から放出される燃料ガスを燃料電池2のアノード極に導くためのガス流路であり、そのガス流路には上流から下流にかけてタンクバルブH1、水素供給バルブH2、FC入口バルブH3等の弁が配設されている。タンクバルブH1、水素供給バルブH2及びFC入口バルブH3は、燃料電池2へと燃料ガスを供給（又は遮断）するためのシャットバルブであり、例えば電磁弁によって構成されている。

【0020】

燃料ガス循環路43は、未反応燃料ガスを燃料電池2へ還流させるための帰還ガス流路であり、そのガス流路には上流から下流にかけてFC出口バルブH4、水素循環ポンプ45、逆止弁46が各々配設されている。燃料電池2から排出された低圧の未反応燃料ガスは、制御装置6の制御指令で作動するモータM2の駆動力により駆動される水素循環ポンプ45によって適度に加圧され、燃料ガス供給路42へ導かれる。燃料ガス供給路42から燃料ガス循環路43への燃料ガスの逆流は、逆止弁46によって抑制される。アノードオフガス流路44は、燃料電池2から排出された水素オフガスを含むアノードオフガスをシステム外に排気するためのガス流路であり、そのガス流路にはパージバルブH5が配設されている。

【0021】

電力系5は、高圧DC/DCコンバータ51、バッテリー52、トラクションインバータ53、補機インバータ54、トラクションモータM3、補機モータM4等を備えている。

【0022】

高圧DC/DCコンバータ51は、直流の電圧変換器であり、バッテリー52から入力された直流電圧を調整してトラクションインバータ53側に出力する機能と、燃料電池2又はトラクションモータM3から入力された直流電圧を調整してバッテリー52に出力する機能と、を有する。高圧DC/DCコンバータ51のこれらの機能により、バッテリー52の

10

20

30

40

50

充放電が実現される。また、高圧ＤＣ／ＤＣコンバータ５１により、燃料電池２の出力電圧が制御される。

【００２３】

バッテリー５２は、充放電可能な二次電池であり、種々のタイプの二次電池（例えばニッケル水素バッテリー等）により構成されている。バッテリー５２は、図示していないバッテリーコンピュータの制御によって余剰電力を充電したり補助的に電力を供給したりすることが可能になっている。燃料電池２で発電された直流電力の一部は、高圧ＤＣ／ＤＣコンバータ５１によって昇降圧され、バッテリー５２に充電される。なお、バッテリー５２に代えて二次電池以外の充放電可能な蓄電器（例えばキャパシタ）を採用することもできる。

【００２４】

トラクションインバータ５３及び補機インバータ５４は、パルス幅変調方式のＰＷＭインバータであり、与えられる制御指令に応じて燃料電池２又はバッテリー５２から出力される直流電力を三相交流電力に変換してトラクションモータＭ３及び補機モータＭ４へ供給する。トラクションモータＭ３は、車輪７Ｌ、７Ｒを駆動するためのモータである。トラクションモータＭ３には、その回転数を検知する回転数検知センサ５ａが取付けられている。補機モータＭ４は、各種補機類を駆動するためのモータであり、エアコンプレッサ３１を駆動するモータＭ１や水素循環ポンプ４５を駆動するモータＭ２等を総称したものである。

【００２５】

制御装置６は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ等により構成され、入力される各センサ信号に基づき、当該システムの各部を統合的に制御する。具体的には、制御装置６は、回転数検知センサ５ａやアクセルペダル開度を検出するアクセルペダルセンサ６ａ等から送出される各センサ信号に基づいて、燃料電池２の出力要求電力を算出する。そして、制御装置６は、この出力要求電力に対応する出力電力を発生させるように燃料電池２の出力電圧及び出力電流を制御する。また、制御装置６は、トラクションインバータ５３及び補機インバータ５４の出力パルス幅等を制御して、トラクションモータＭ３及び補機モータＭ４を制御する。

【００２６】

また、制御装置６は、通常運転モードと間欠運転モードとの切り換えを行う。通常運転モードとは、トラクションモータＭ３等の負荷装置への電力供給のために燃料電池２が発電を継続的に行う運転モードを意味する。間欠運転モードとは、例えばアイドリング時、低速走行時、回生制動時等のような低負荷運転時に燃料電池２の発電を一時的に休止し、バッテリー５２から負荷装置への電力供給を行い、燃料電池２には開放端電圧を維持し得る程度の水素ガス及び空気の供給を間欠的に行う運転モードを意味する。通常運転モードは本発明における発電状態に相当し、間欠運転モードは本発明における発電停止状態に相当する。

【００２７】

また、制御装置６は、燃料電池２の運転モードが間欠運転モードから通常運転モードへと復帰（移行）した後における燃料電池２の出力を制限する。具体的には、制御装置６は、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後に燃料供給源４１から供給される水素ガスの全流量から、間欠運転モードにおける水素ガスの圧力を通常運転モードにおける水素ガスの圧力に復帰させるために用いられる水素ガスの流量を減じることにより、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後に燃料電池２に実際に供給される水素ガスの流量を算出する。そして、制御装置６は、算出した流量に対応した出力電流値を上限として燃料電池２の出力を制限する。すなわち、制御装置６は、本発明における出力制限手段として機能するものである。

【００２８】

次に、図２のフローチャート、図３のマップ及び図４のタイムチャートを用いて、本実施形態に係る燃料電池システム１の制御方法について説明する。

【００２９】

まず、制御装置 6 は、起動後に通常運転モードを実現させるための制御を行う(通常運転制御工程：S 1)。通常運転制御工程 S 1 において、制御装置 6 は、回転数検知センサ 5 a やアクセルペダルセンサ 6 a 等から送出される各センサ信号に基づいて、燃料電池 2 の出力要求電力を算出し、この算出した出力要求電力に対応する出力電流指令値及び出力電圧指令値を算出する。例えば、制御装置 6 は、図 3 に示した I V 特性マップと、算出した出力要求電力 P_1 と、に基づいて、出力電流指令値 I_1 及び出力電圧指令値 V_1 を算出する。そして、制御装置 6 は、各種弁やエアコンプレッサ 3 1 を用いて燃料電池 2 へのガス供給量を調整することにより、電流センサ 2 a で検出した燃料電池 2 の出力電流を出力電流指令値 I_1 に近付ける制御を行うとともに、高圧 DC / DC コンバータ 5 1 を用いることにより、電圧センサ 2 b で検出した燃料電池 2 の出力電圧を出力電圧指令値 V_1 に近付ける制御を行う。なお、本実施形態においては、間欠運転モードに入る前の出力電流指令値の上限を I_{MAX} とする。

10

【0030】

次いで、制御装置 6 は、燃料電池 2 の運転モードを通常運転モードから間欠運転モードに切り換えるための条件(運転切替条件)が充足されるか否かを判定する(間欠運転開始判定工程：S 2)。運転切替条件としては、例えば、要求電力量や発電量の経時変化が所定の閾値未満となること等を採用することができる。そして、制御装置 6 は、間欠運転開始判定工程 S 2 において運転切替条件が充足されるものと判定した場合に、燃料電池 2 の運転モードを通常運転モードから間欠運転モードへと切り替える(間欠運転制御工程：S 3)。間欠運転制御工程 S 3 において、制御装置 6 は、燃料電池 2 の発電を一時的に停止させ、バッテリー 5 2 から負荷装置への電力供給を行い、燃料電池 2 には開放端電圧を維持し得る程度の水素ガス及び空気の供給を間欠的に行う。

20

【0031】

次いで、制御装置 6 は、間欠運転時間が経過したか否かを判定し(間欠運転終了判定工程：S 4)、間欠運転時間が経過したものと判定した場合には、間欠運転モードを終了して通常運転モードへ復帰する(通常運転再開工程：S 5)。

【0032】

ところで、間欠運転モードを実現させて燃料電池 2 の発電を一時的に停止させると、燃料電池 2 への水素ガス供給が遮断されるため、燃料供給源 4 1 から燃料電池 2 へと水素ガスを供給するための燃料ガス供給流路 4 2 内における水素ガスの圧力が、通常運転モードにおける圧力よりも低下する。このため、制御装置 6 は、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰の際に、燃料ガス供給流路 4 2 内における水素ガスの圧力を通常運転モードにおける値に復帰させるとともに、燃料電池 2 の出力を制限する(出力制限工程：S 6)。

30

【0033】

出力制限工程 S 6 において、制御装置 6 は、図 4 (A)、(B) に示すように、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後における水素ガスの全供給流量 Q_0 から、水素ガスの圧力を復帰させるために用いられる圧力復帰用流量 Q_p を減じることにより、燃料電池 2 に実際に供給される水素ガスの流量 Q_{FC} を算出する。そして、制御装置 6 は、算出した流量 Q_{FC} に対応した出力電流値 I_{lim} を出力電流指令値の上限として、燃料電池 2 の出力を制限する。間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後に燃料電池 2 に実際に供給される水素ガスの流量 Q_{FC} に対応した出力電流値 I_{lim} は、図 3 及び図 4 (C) に示すように、間欠運転モードに入る前の出力電流指令値の上限 I_{MAX} よりも小さい値となる。

40

【0034】

出力制限工程 S 6 において、制御装置 6 は、例えば出力要求電力 P_2 と、図 3 に示した I V 特性マップと、に基づいて、出力電流指令値 I_2 ($< I_{lim}$) 及び出力電圧指令値 V_2 を算出する。そして、制御装置 6 は、各種弁やエアコンプレッサ 3 1 を用いて燃料電池 2 へのエア供給量を調整することにより、電流センサ 2 a で検出した燃料電池 2 の出力電流を出力電流指令値 I_2 に近付ける制御を行うとともに、高圧 DC / DC コンバータ 5 1 を用いることにより、電圧センサ 2 b で検出した燃料電池 2 の出力電圧を出力電圧指令値 V

50

2に近付ける制御を行う。本実施形態における出力制限工程S6は、本発明における流量算出工程及び出力制限工程を含むものである。

【0035】

以上説明した実施形態に係る燃料電池システム1においては、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後における水素ガスの全供給流量から、ガス圧力を復帰させるために用いられる流量（圧力復帰用流量）を減じることにより、燃料電池2に実際に供給される流量を算出し、この算出した流量に対応した出力電流値を上限として燃料電池2の出力を制限することができる。従って、間欠運転モードから通常運転モードへの復帰後におけるストイキ比の低下を抑制して、燃料電池2の発電状態を安定させることができる。

【0036】

なお、以上の実施形態においては、低負荷時等に燃料電池2の発電を一時的に停止させる間欠運転モードから通常運転モードへの過渡期において本発明を適用した例を示したが、燃料電池2の運転を完全に停止させる運転停止モード（発電停止状態）から通常運転モードへの過渡期に本発明を適用することもできる。

【0037】

また、以上の実施形態においては、本発明に係る燃料電池システムを燃料電池車両に搭載した例を示したが、燃料電池車両以外の各種移動体（ロボット、船舶、航空機等）に本発明に係る燃料電池システムを搭載することもできる。また、本発明に係る燃料電池システムを、建物（住宅、ビル等）用の発電設備として用いられる定置用発電システムに適用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の実施形態に係る燃料電池システムの構成図である。

【図2】図1に示した燃料電池システムの制御方法を説明するためのフローチャートである。

【図3】図1に示した燃料電池システムのIV特性マップである。

【図4】（A）は図1に示した燃料電池システムの間欠運転モードのON/OFFを示すタイムチャートであり、（B）は図1に示した燃料電池システムの水素ガス供給流量の時間履歴を示すタイムチャートであり、（C）は図1に示した燃料電池システムの出力電流指令値（上限）の時間履歴を示すタイムチャートである。

【符号の説明】

【0039】

1...燃料電池システム、2...燃料電池、6...制御装置（出力制限手段）、41...燃料供給源。

10

20

30

フロントページの続き

審査官 佐藤 知絵

- (56)参考文献 特開2007-265676(JP,A)
特開2005-174855(JP,A)
特開2005-267969(JP,A)
特開2006-294295(JP,A)
特開2003-036871(JP,A)
特開2006-019153(JP,A)
特開2006-092948(JP,A)
特開平10-284102(JP,A)

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