

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5380914号  
(P5380914)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 M	8/04	(2006.01)	HO 1 M	8/04	X
HO 1 M	8/10	(2006.01)	HO 1 M	8/04	A
HO 1 M	8/00	(2006.01)	HO 1 M	8/04	J
			HO 1 M	8/04	P
			HO 1 M	8/10	

請求項の数 14 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-153330 (P2008-153330)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成20年6月11日 (2008.6.11)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2009-301803 (P2009-301803A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成21年12月24日 (2009.12.24)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成23年5月27日 (2011.5.27)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システムおよび燃料電池システムの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池システムにおいて、

燃料極に供給される燃料ガスと酸化剤極に供給される酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電を行う燃料電池と、

前記燃料電池の酸化剤極に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、

前記燃料電池における酸化剤ガスの出口または前記酸化剤ガスの流れにおいて前記出口よりも下流側に設けられており、開度に応じて前記燃料電池の酸化剤極における前記酸化剤ガスの圧力を調整する酸化剤ガス調圧手段と、

前記燃料電池の酸化剤極における前記酸化剤ガスの圧力を検出する第1の圧力検出手段と、

システムの起動時に、前記第1の圧力検出手段によって検出される前記酸化剤ガスの圧力が増加するように前記酸化剤ガス調圧手段の開度を制御して、前記酸化剤ガス供給手段により前記酸化剤ガスを希釈用流量で供給するとともに、前記第1の圧力検出手段によって検出される前記酸化剤ガスの圧力が、昇圧目標圧力に到達したことを条件に、前記酸化剤ガス調圧手段の開度を前記酸化剤ガスの圧力を増加させたときの開度よりも大きな開度である開放開度に制御することにより前記酸化剤ガス調圧手段を通過する空気の流量を増加させる起動時燃料ガス処理を行う制御手段と  
を有することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

10

20

前記開放開度は、前記酸化剤ガス供給手段による流量よりも前記酸化剤ガス調圧手段を通過する流量が大きくなる関係を有する基準開度から、最大開度までの範囲の開度に設定されることを特徴とする請求項 1 に記載された燃料電池システム。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記希釈用流量が一定となるように、前記酸化剤ガス供給手段を制御することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載された燃料電池システム。

【請求項 4】

前記燃料電池の燃料極に前記燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、

前記燃料電池の燃料極における前記燃料ガスの圧力を調整する燃料ガス調圧手段とをさらに有し、

前記制御手段は、前記燃料電池の燃料極における前記燃料ガスの圧力が、前記昇圧目標圧力から前記燃料電池における極間許容差圧を減じた圧力となるように、前記燃料ガス調圧手段を制御することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 5】

前記昇圧目標圧力は、前記燃料電池の酸化剤極に許容される圧力の上限值である上限圧力に設定されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記酸化剤ガス調圧手段の開度を前記開放開度に制御した後に、前記第 1 の圧力検出手段によって検出される前記酸化剤ガスの圧力が、前記昇圧目標圧力よりも小さな圧力に設定された減圧目標圧力に到達したことを条件に、前記酸化剤ガス調圧手段の開度を前記開放開度から減少側に制御するとともに、前記燃料電池の酸化剤極における前記酸化剤ガスの圧力が前記減圧目標圧力を維持するように前記酸化剤ガス調圧手段の開度を制御する定圧制御を開始することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 7】

前記減圧目標圧力は、前記昇圧目標圧力から、前記燃料電池における極間許容差圧を 2 倍した値を減算した圧力に設定されることを特徴とする請求項 6 に記載された燃料電池システム。

【請求項 8】

前記酸化剤ガス調圧手段よりも下流側における前記酸化剤ガスの圧力を検出する第 2 の圧力検出手段をさらに有し、

前記制御手段は、前記定圧制御において、前記減圧目標圧力に基づいて決定される前記酸化剤ガス調圧手段の開度を、前記第 2 の圧力検出手段によって検出される前記酸化剤ガスの圧力に基づいて前記減圧目標圧力を維持するように補正することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載された燃料電池システム。

【請求項 9】

前記燃料電池の酸化剤極から排出される前記酸化剤ガスの温度を検出する温度検出手段をさらに有し、

前記制御手段は、前記定圧制御において、前記減圧目標圧力に基づいて決定される前記酸化剤ガス調圧手段の開度を、前記温度検出手段によって検出される前記酸化剤ガスの温度に基づいて前記減圧目標圧力を維持するように補正することを特徴とする請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 10】

前記制御手段は、前記定圧制御を開始したタイミングからの経過時間が、前記酸化剤ガス調圧手段の下流における水素濃度が目標濃度以下となるような処理時間に到達した場合に、前記定圧制御を終了することを特徴とする請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

前記制御手段は、前記定圧制御を開始した以降において、システムに要求される要求電力に基づいて前記燃料電池から出力の取り出しを開始し、前記燃料電池が発電するために必要な前記酸化剤ガスの流量である発電用流量と、前記希釈用流量とのうち、流量が大きい方を目標流量として前記酸化剤ガスを供給するとともに、前記燃料電池の酸化剤極における前記酸化剤ガスの圧力が前記昇圧目標圧力を超えないように、前記酸化剤ガスの目標流量を制限するとともに前記要求電力を制限することを特徴とする請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載された燃料電池システム。

【請求項 1 2】

前記制御手段は、前記酸化剤ガスの目標流量が、前記希釈用流量を超えた流量分の積算値に基づいて、前記起動時燃料ガス処理の終了タイミングを設定することを特徴とする請求項 1 1 に記載された燃料電池システム。

10

【請求項 1 3】

前記燃料電池の燃料極から排出される排出ガスを前記燃料ガス供給手段からの前記燃料ガスに合流させる循環流路と、

一方の端部が前記循環流路に接続されるとともに、他方の端部が前記燃料電池の酸化剤極から排出される排出ガスが流れる流路に接続される排出流路と、

前記排出流路に設けられ、開閉状態に応じて前記循環流路を流れるガスの排出を行う排出手段とをさらに有し、

前記制御手段は、初期的に前記排出手段を閉状態に制御し、前記酸化剤極側から排出されるガスによって前記排出流路を介し排出される前記燃料ガスを希釈することができるだけの希釈処理時間が経過したことを条件に、前記排出手段を開状態に制御することを特徴とする請求項 4 に記載された燃料電池システム。

20

【請求項 1 4】

燃料極に供給される燃料ガスと酸化剤極に供給される酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電を行う燃料電池を有する燃料電池システムの制御方法において、

システムの起動時に、前記燃料電池の酸化剤極から排出される排出ガスの流れを遮断する第 1 のステップと、

前記燃料電池の酸化剤極に前記酸化剤ガスを供給する第 2 のステップと、

前記燃料電池の酸化剤極における前記酸化剤ガスの圧力が、昇圧目標圧力に到達したことを条件に、遮断した前記排出ガスの流れを開放することにより前記酸化剤極から排出される空気の流量を増加させる第 3 のステップと

30

を有することを特徴とす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】

本発明は、燃料電池システムおよび燃料電池システムの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、燃料極に供給される燃料ガス（例えば、水素）と酸化剤極に供給される酸化剤ガス（例えば、空気）とを電気化学的に反応させることにより発電を行う燃料電池を有する燃料電池システムが知られている。この類の燃料電池システムでは、システムの停止期間中、燃料極に残留する水素が酸化剤極へと透過してしまうといった現象が生じることがある。この場合、酸化剤極、およびこの酸化剤極へ空気を供給するまたは酸化剤極からの空気を排出する酸化剤ガス系に水素が蓄積してしまう。

40

【0003】

例えば、特許文献 1 には、酸化剤ガス系において、燃料電池よりも上流側にシャット弁を備えるとともに、燃料電池よりも下流側に調圧弁を備える燃料電池システムが開示されている。この燃料電池システムによれば、起動時、空気調圧バルブを閉じた状態で酸化剤ガスを供給し、酸化剤ガスの圧力が所定圧力に到達したタイミングでシャット弁を閉じる。これにより、酸化剤ガスが封入される。そして、酸化剤ガス系内にある水素を燃料電池

50

の触媒上で消費させ、これにより、水素が希釈される。

【特許文献1】特開2007-103023号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に開示された手法によれば、酸化剤ガス系内にある燃料ガスを有効に希釈することができる。もっとも、酸化剤ガス系における燃料ガス濃度が高い場合には、希釈用の酸化剤ガスの圧力を増大させなければならない可能性がある。このケースでは、酸化剤ガスを供給する供給手段の駆動量が増加することにより、消費電力が増加したり、駆動音や振動が増加したりする可能性がある。

10

【0005】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、酸化剤ガス供給手段の負荷を抑制しつつ、燃料ガスの処理を有効に行うことである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

かかる課題を解決するために、本発明は、システムの起動時に、起動時燃料ガス処理を行う。具体的には、酸化剤ガス調圧手段の開度を最小開度に制御して、酸化剤ガス供給手段により酸化剤ガスを希釈用流量で供給する。そして、第1の圧力検出手段によって検出される酸化剤ガスの圧力が、昇圧目標圧力に到達したことを条件に、酸化剤ガス調圧手段の開度を最小開度よりも大きな開度である開放開度に制御する。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、昇圧された酸化剤ガスによって、酸化剤ガス調圧手段を通過する空気の流量および流速を増加させることができる。そのため、攪拌効果により、水素濃度を低減させることができる。よって、酸化剤ガス供給手段の負荷を抑制しつつ、水素の処理を有効に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

図1は、本発明の実施形態にかかる燃料電池システムを概略的に示す構成図である。燃料電池システムは、例えば、移動体である車両に搭載されており、この車両は燃料電池システムから供給される電力によって駆動する。

30

【0009】

燃料電池システムは、固体高分子電解質膜を介して燃料極と酸化剤極とが対設された燃料電池構造体を、セパレータを介して複数積層することにより構成される燃料電池スタック(燃料電池)1を備える。この燃料電池スタック1は、燃料極に燃料ガスが供給されるとともに酸化剤極に酸化剤ガスが供給されることにより、燃料ガスおよび酸化剤ガスを電気化学的に反応させて電力を発生する。本実施形態では、燃料ガスとして水素を、酸化剤ガスとして空気をを用いるケースについて説明する。

【0010】

燃料電池システムには、燃料電池スタック1に水素を供給するための水素系と、燃料電池スタック1に空気を供給するための空気系とが備えられている。

40

【0011】

水素系において、燃料ガスである水素は、例えば、高圧水素ポンベといった燃料タンク(燃料ガス供給手段)10に貯蔵されており、この燃料タンク10から水素供給流路L1を介して燃料電池スタック1に供給される。具体的には、水素供給流路L1には、燃料タンク10の下流側にタンク元バルブ(図示せず)が設けられているとともに、このバルブの下流に減圧バルブ(図示せず)が設けられている。タンク元バルブが開状態とされることにより、燃料タンク10からの高圧水素ガスは、減圧バルブによって所定の圧力まで機械的に減圧される。また、水素供給流路L1には、減圧バルブの下流側に水素調圧バルブ(燃料ガス調圧手段)11が設けられている。この水素調圧バルブ11は、減圧バルブに

50

よって減圧された水素を、燃料電池スタック 1 の燃料極における水素圧力が所望の圧力となるように、水素の圧力を調整する。

【 0 0 1 2 】

燃料電池スタック 1 における個々の燃料極からの排出ガス（未使用の水素を含むガス）は、水素循環流路 L 2 に排出される。この水素循環流路 L 2 は、その他方の端部が、水素供給流路 L 1 における水素調圧バルブ 1 1 よりも下流側に接続されている。この水素循環流路 L 2 には、例えば、水素循環ポンプ 1 2 といった水素循環手段が設けられている。燃料電池スタック 1 の燃料極からの排出ガスは、水素循環手段により、燃料電池スタック 1 の燃料極に循環させられる。

【 0 0 1 3 】

ところで、酸化剤ガスとして空気を用いるケースでは、酸化剤極に供給された酸化剤ガスに含まれる不純物（例えば、窒素）が燃料極側に透過することがある。そのため、燃料極および水素循環流路 L 2 を含む循環系内の不純物濃度が増加し、水素分圧が減少する傾向となる。不純物濃度が高い場合、燃料電池スタック 1 の出力が低下する等の不都合が生じるため、循環系内の不純物濃度を管理する必要がある。

【 0 0 1 4 】

そこで、水素循環流路 L 2 には、循環系内から不純物をパージするためのパージ流路 L 3 が設けられている。パージ流路 L 3 には、パージバルブ（排出手段）1 3 が設けられており、このパージバルブ 1 3 の開閉状態を制御することにより、水素循環流路 L 2 を流れる循環ガスを外部に排出することができる。これにより、不純物のパージを行うことができる。この不純物のパージにより、循環系内における不純物濃度を調整することができる。

【 0 0 1 5 】

空気系において、酸化剤ガスである空気は、空気供給流路 L 4 を介して燃料電池スタック 1 に供給される。具体的には、空気供給流路 L 4 には、コンプレッサ（酸化剤ガス供給手段）2 0 が設けられている。コンプレッサ 2 0 は、大気（空気）を取り込むとともに、これを加圧して吐出する。加圧された空気は、燃料電池スタック 1 に供給される。

【 0 0 1 6 】

燃料電池スタック 1 における個々の酸化剤極からの排出ガス（酸素が消費された空気）は、空気排出流路 L 5 を介して外部に排出される。空気排出流路 L 5 には、空気調圧バルブ（酸化剤ガス調圧手段）2 1 が設けられている。換言すれば、空気調圧バルブ 2 1 は、燃料電池スタック 1 における空気の出口または空気の流れにおいてこの出口よりも下流側に設けられる。この空気調圧バルブ 2 1 は、開度に応じて燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力を調整する。空気排出流路 L 5 における空気調圧バルブ 2 1 よりも下流側には、水素系のパージ流路 L 3 の端部が接続されている。これにより、パージ流路 L 3 を介して排出される循環ガスに含まれる水素は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極からの排出ガスによって希釈される。

【 0 0 1 7 】

燃料電池スタック 1 には、燃料電池スタック 1 から取り出す出力（例えば、電流）を制御する出力取出装置 2 が接続されている。燃料電池スタック 1 において発電された電力は、出力取出装置 2 を介して、電動モータ、バッテリー、または、燃料電池スタック 1 による発電を行うための種々の補機（例えば、コンプレッサ 2 0、水素循環ポンプ 1 2 など）および車両用の種々の補機（空調装置など）に供給される。

【 0 0 1 8 】

制御部（制御手段）3 0 は、システム全体を統合的に制御する機能を担っており、制御プログラムに従って動作することにより、システムの運転状態を制御する。制御部 3 0 としては、CPU、ROM、RAM、I/O インターフェースを主体に構成されたマイクロコンピュータを用いることができる。この制御部 3 0 は、システムの状態に基づいて、各種の演算を行い、この演算結果を制御信号として各種のアクチュエータ（図示せず）に出力する。これにより、水素調圧バルブ 1 1 の開度、水素循環ポンプ 1 2 の回転数、コンプ

10

20

30

40

50

レッサ 20 の回転数、空気調圧バルブ 21 の開度、パージバルブ 13 の開閉状態、出力取出装置 2 による電流の取出量が制御される。

【0019】

制御部 30 には、システムの状態を検出するために、各種センサ等からのセンサ信号が入力されている。空気圧力センサ（第 1 の圧力検出手段）31 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力を検出する。水素圧力センサ 32 は、燃料電池スタック 1 の燃料極における水素の圧力を検出する。空気流量センサ 33 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極へ供給される空気の流量を検出する。空気温度センサ（温度検出手段）34 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極から排出される空気の温度（以下「排出空気温度」という）を検出する。下流圧力センサ（第 2 の圧力検出手段）35 は、空気調圧バルブ 21 の下流における空気の圧力（以下「下流圧力」という）を検出する。ただし、燃料電池システムが大気圧センサを備える構成である場合、下流圧力センサ 35 を省略し、大気圧センサによって検出される圧力を下流圧力として検出することもできる。

10

【0020】

本実施形態との関係において、制御部 30 は、システムの起動時に実行する起動処理において、起動時に燃料電池スタック 1 の酸化剤極および空気系に存在する水素を処理する起動時水素処理を行う。具体的には、制御部 30 は、システムの起動時に、空気調圧バルブ 21 の開度を最小開度に制御して、コンプレッサ 20 により空気を基準空気流量で供給するとともに、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における圧力が昇圧目標圧力に到達したことを条件に、空気調圧バルブ 21 の開度を最小開度よりも大きな開度である開放開度に制御する。

20

【0021】

図 2 は、本発明の実施形態にかかる燃料電池システムの制御方法の手順を示すフローチャートである。このフローチャートに示す一連の手順は、起動処理の一部として実行される起動時水素処理の流れを示しており、例えば、イグニッションスイッチのオン信号をトリガーとして、制御部 30 によって実行される。

【0022】

まず、ステップ 1 (S1) において、パージフラグ  $F_{po}$  が 0 にセットされるとともに、目標発電電力  $G_t$  が 0 に設定される。ここで、パージフラグ  $F_{po}$  は、不純物のパージを許可するか、それと不許可とするかを示すフラグである。具体的には、パージフラグ  $F_{po}$  が 0 にセットされている場合には、不純物のパージの不許可を示しており、パージバルブ 13 が閉状態に制御される。一方、パージフラグ  $F_{po}$  が 1 にセットされている場合には、不純物のパージの許可を示しており、パージバルブ 13 が開状態に制御される。また、目標発電電力  $G_t$  は、燃料電池スタック 1 において発電する電力の目標値である。

30

【0023】

ステップ 2 (S2) において、目標開度  $V_{At}$  が設定される。この目標開度  $V_{At}$  は、空気調圧バルブ 21 の開度制御に関する目標値であり、制御部 30 は、この目標開度  $V_{At}$  に基づいて空気調圧バルブ 21 の開度を制御する。ステップ 2 では、空気調圧バルブ 21 に関する最小開度  $V_{Amin}$  が、目標開度  $V_{At}$  として設定される。

【0024】

ステップ 3 (S3) において、目標空気流量  $Q_{At}$  が設定される。この目標空気流量  $Q_{At}$  は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極に供給する空気流量の目標値であり、制御部 30 は、この目標空気流量  $Q_{At}$  に基づいてコンプレッサ 20 の回転数を制御する。このステップ 3 では、起動時水素処理に関して予め設定された基準空気流量（希釈用流量） $Q_{Ai}$  が、目標空気流量  $Q_{At}$  として設定される。この基準空気流量  $Q_{Ai}$  は、排出ガス中の水素濃度が所定値以下になる範囲で、コンプレッサ 20 の消費電力、コンプレッサ 20 の振動や動作音、起動時間、およびシステムの構成等を考慮して、実験やシミュレーションを通じて最適値が設定されている。

40

【0025】

ステップ 4 (S4) において、目標水素圧力  $P_{Ht}$  が設定される。この目標水素圧力  $P$

50

H t は、燃料電池スタック 1 の燃料極における水素圧力の目標値であり、制御部 3 0 は、この目標水素圧力 P H t に基づいて水素調圧バルブ 1 1 の開度を制御する。このステップ 4 では、目標水素圧力 P H t が、上限空気圧力 P A up から極間差圧 P D を減算した減算値に設定される。ここで、上限空気圧力 P A up は、起動時水素処理を行うシーンにおいて、燃料電池スタック 1 の酸化剤極に許容される空気圧力の上限值である。また、極間差圧 P D は、燃料電池スタック 1 における極間許容差圧、すなわち、起動時水素処理を行うシーンにおいて、酸化剤極と燃料極との間に許容される差圧である。

**【 0 0 2 6 】**

ステップ 5 ( S 5 ) において、空気圧力センサ 3 1 において検出される空気圧力 P A a が読み込まれる。そして、読み込まれた空気圧力 P A a が、昇圧目標圧力 P A th1 よりも小さいか否かが判断される。ここで、昇圧目標圧力 P A th1 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力を所定の圧力まで昇圧させるため目標値である。もっとも、昇圧目標圧力 P A th1 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力が昇圧目標値に到達したことを条件に、空気調圧バルブ 2 1 の開度を最小開度 V A min から開放側に切り替えるタイミングを判定するための判定値でもある。本実施形態では、上限空気圧力 P A up が、昇圧目標圧力 P A th1 として設定されている。

10

**【 0 0 2 7 】**

このステップ 5 において肯定判定された場合、すなわち、空気圧力 P A a が昇圧目標圧力 P A th1 よりも小さい場合には、再度ステップ 5 の処理を行う。一方、ステップ 5 において否定判定された場合、すなわち、空気圧力 P A a が昇圧目標圧力 P A th1 に到達した場合には、ステップ 6 ( S 6 ) に進む。

20

**【 0 0 2 8 】**

ステップ 6 において、目標開度 V A t が設定される。このステップ 6 では、空気調圧バルブ 2 1 に関する最大開度 V A max が、目標開度 V A t として設定される。ただし、ステップ 6 における目標開度 V A t は、コンプレッサ 2 0 から供給される空気の流量よりも、空気調圧バルブ 2 1 を通過する空気の流量の方が大きくなる関係を有する第 1 の基準開度よりも大きな開度に設定されれば足りる。

**【 0 0 2 9 】**

ステップ 7 ( S 7 ) において、空気圧力センサ 3 1 において検出される空気圧力 P A a が読み込まれる。そして、読み込まれた空気圧力 P A a が、減圧目標圧力 P A th2 よりも大きいかが判断される。ここで、減圧目標圧力 P A th2 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力を所定の圧力まで減圧させるため目標値である。もっとも、減圧目標圧力 P A th2 は、酸化剤極における空気の圧力が減圧目標値に到達したことを条件に、空気調圧バルブ 2 1 の開度を最大開度 V A max から減少側に切り替えるタイミングを判定するための判定値である。本実施形態では、上限空気圧力 P A up から、極間差圧 P D を 2 倍した値を減算した減算値が、減圧目標圧力 P A th2 として設定されている。

30

**【 0 0 3 0 】**

このステップ 7 において肯定判定された場合、すなわち、空気圧力 P A a が減圧目標圧力 P A th2 よりも大きい場合には、再度ステップ 7 の処理を行う。一方、ステップ 7 において否定判定された場合、すなわち、空気圧力 P A a が減圧目標圧力 P A th2 に到達した場合には、ステップ 8 ( S 8 ) に進む。

40

**【 0 0 3 1 】**

ステップ 8 において、後述するステップ 9 以降の処理である定圧制御に関する経過時間 T のカウントが行われる。この経過時間 T は、初期的には 0 にセットされている。

**【 0 0 3 2 】**

ステップ 9 ( S 9 ) において、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力が減圧目標圧力 P A th2 を維持するように、目標開度 V A t が設定される。目標開度 V A t は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力が減圧目標圧力 P A th2 となる関係を有する第 2 の基準開度をベースに設定される。具体的には、空気調圧バルブ 2 1 の下流圧力と、排出空気温度とに基づいて、第 2 の基準開度が補正され、補正された第 2 の基準

50

開度（以下「補正基準開度」という）が目標開度  $V A t$  として設定される。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、ステップ 9 における目標開度  $V A t$  の設定処理を示す説明図である。同図は、目標開度  $V A t$  と、排出空気温度  $T A o$  および下流圧力  $P A d$  との対応関係を示している。制御部 30 は、同図に示す対応関係をマップまたは計算式として保持しており、排出空気温度  $T A o$  および下流圧力  $P A d$  に基づいて、補正基準開度である目標開度  $V A t$  を一意に設定することができる。

【 0 0 3 4 】

なお、目標開度  $V A t$  は、以下に示す関係式を満たすように設定することもできる。

【 0 0 3 5 】

（数式 1）

$$V A t = f v a ( P A d , T A o ) = V A s 2 \times k 1 \times k 2$$

同数式において、 $f v a$  は、下流圧力  $P A d$ 、排出空気温度  $T A o$  をパラメータとする関数であり、 $V A s 2$  は、第 2 の基準開度である。

【 0 0 3 6 】

図 4 は、補正係数  $k 1$  の説明図である。数式 1 において、 $k 1$  は、下流圧力  $P A d$  に対応する補正係数である。この補正係数  $k 1$  は、下流圧力  $P A d$  の増加に対応して単調減少する傾向を有しており、基準下流圧力  $P A d s$ （第 2 の基準開度  $V A s 2$  において酸化剤極における空気の圧力が減圧目標圧力  $P A t h 2$  となる下流圧力  $P A d$ ）において「1」となる。すなわち、下流圧力  $P A d$  が基準下流圧力  $P A d s$  より小さい程、目標開度  $V A t$  が第 2 の基準開度  $V A s 2$  よりも大きい開度に設定され、下流圧力  $P A d$  が基準下流圧力  $P A d s$  より大きい程、目標開度  $V A t$  が第 2 の基準開度  $V A s 2$  よりも小さい開度に設定される。

【 0 0 3 7 】

図 5 は、補正係数  $k 2$  の説明図である。数式 1 において、 $k 2$  は、排出空気温度  $T A o$  に対応する補正係数である。この補正係数  $k 2$  は、排出空気温度  $T A o$  の増加に対応して単調増加する傾向を有しており、基準空気温度  $T A o s$ （第 2 の基準開度  $V A s 2$  において酸化剤極における空気の圧力が減圧目標圧力  $P A t h 2$  となる排出空気温度  $T A o$ ）において「1」となる。すなわち、排出空気温度  $T A o$  が基準空気温度  $T A o s$  より小さい程、目標開度  $V A t$  が第 2 の基準開度  $V A s 2$  よりも小さい開度に設定され、排出空気温度  $T A o$  が基準空気温度  $T A o s$  より大きい程、目標開度  $V A t$  が第 2 の基準開度  $V A s 2$  よりも大きい開度に設定される傾向となる。

【 0 0 3 8 】

ステップ 10（S10）において、目標空気流量  $Q A t$  が設定される。このステップ 10 では、第 1 の流量と、第 2 の流量とのうち、値の小さい方の流量が、目標空気流量  $Q A t$  として設定される。ここで、第 1 の流量は、上限空気流量  $Q A u p$  に相当する。

【 0 0 3 9 】

（数式 2）

$$Q A u p = f q l m ( P A d , T A o )$$

ここで、 $f q l m$  は、下流圧力  $P A d$ 、排出空気温度  $T A o$  をパラメータとする関数であり、上限空気流量  $Q A u p$  は、下流圧力  $P A d$  と排出空気温度  $T A o$  とに基づいて算出することができる。関数  $f q l m$  は、空気調圧バルブ 21 の目標開度  $V A t$  が数式 1 に示す関数  $f v a$  に基づいて決定される場合に、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力を上限空気圧力  $P A u p$  以下に抑制するための流量を算出する。関数  $f q l m$  は、図 6 に示すように、実験やシミュレーションを通じて予め設定されており、制御部 30 は、マップまたは演算式としてこれを保持している。図 6 に示すように、関数  $f q l m$  によれば、上限空気流量  $Q A u p$  は、下流圧力  $P A d$  が大きい程、大きな値に設定され、また、同一の下流圧力  $P A d$  であっても、排出空気温度  $T A o$  が大きい程、小さな値に設定される傾向を有する。

【 0 0 4 0 】

一方、第 2 の流量は、基準空気流量  $Q A i$  と要求空気流量（発電用流量） $Q A g r$  とのう

10

20

30

40

50

ち、値の大きい方の流量が選択される。

【 0 0 4 1 】

( 数式 3 )

$$Q A_{gr} = f_{qag} ( G_{rq} )$$

ここで、 $f_{qag}$ は、システムの要求電力 $G_{rq}$ をパラメータとする関数であり、要求空気流量 $Q A_{gr}$ は、制御部 3 0 において演算されるシステムの要求電力 $G_{rq}$ に基づいて算出することができる。関数 $f_{qag}$ は、図 7 に示すように、実験やシミュレーションを通じて予め設定されており、制御部 3 0 は、マップまたは演算式としてこれを保持している。図 7 に示すように、関数 $f_{qag}$ によれば、要求空気流量 $Q A_{gr}$ は、システムの要求電力 $G_{rq}$ がおおきい程、大きな流量に設定される。

10

【 0 0 4 2 】

ステップ 1 1 ( S 1 1 ) において、目標発電電力 $G_t$ が設定される。このステップ 1 1 では、システムの要求電力 $G_{rq}$ と、発電可能電力 $G_{aq}$ とのうち、値の小さい方の電力が、目標発電電力 $G_t$ として設定される。

【 0 0 4 3 】

( 数式 4 )

$$G_{aq} = f_{glm} ( Q A_{up} )$$

ここで、 $f_{glm}$ は、 $Q A_{up}$ をパラメータとする関数であり、発電可能電力 $G_{aq}$ は、上限空気流量 $Q A_{up}$ に基づいて算出することができる。関数 $f_{glm}$ は、目標空気流量 $Q A_t$ が上限空気流量 $Q A_{up}$ であるときに発電可能な電力を算出する。具体的には、図 8 に示すように、発電可能電力 $G_{aq}$ は、上限空気流量 $Q A_{up}$ が大きい程、大きな電力に設定される。

20

【 0 0 4 4 】

ステップ 1 2 ( S 1 2 ) において、低減時間 $T_{dc}$ が設定される。この低減時間 $T_{dc}$ は、ステップ 1 0 において目標空気流量 $Q A_t$ が基準空気流量 $Q A_i$ よりも大きな流量に設定されることにより、目標空気流量 $Q A_t$ が基準空気流量 $Q A_i$ に維持されたケースと比較して、起動時水素処理に要する一連の処理時間において短縮することができる時間である。

【 0 0 4 5 】

( 数式 5 )

$$T_{dc} = T_{dc} + K \times \min ( Q A_t - Q A_i , 0 )$$

ここで、 $K$ は、目標空気流量 $Q A_t$ から基準空気流量 $Q A_i$ を減算した減算値に応じて、起動時水素処理として短縮することができる時間に変換するための係数である。この係数は、実験やシミュレーションを通じて、その最適値が予め設定されている。なお、低減時間 $T_{dc}$ は、初期的には「0」にセットされている。

30

【 0 0 4 6 】

ステップ 1 3 ( S 1 3 ) において、経過時間 $T$ がパーズ許可時間 $T_{po}$ に到達したか否かが判断される。このパーズ許可時間 $T_{po}$ は、水素循環流路 L 2 から排出される排出ガス中の水素を希釈することができる程度に、酸化剤極および空気系における水素が処理されたか否かを判断する時間である。パーズ許可時間 $T_{po}$ は、実験やシミュレーションを通じて最適値が設定されている。

40

【 0 0 4 7 】

このステップ 1 3 において肯定判定された場合、すなわち、経過時間 $T$ がパーズ許可時間 $T_{po}$ に到達した場合には、ステップ 1 4 ( S 1 4 ) に進む。一方、ステップ 1 3 において否定判定された場合、すなわち、経過時間 $T$ がパーズ許可時間 $T_{po}$ に到達していない場合には、ステップ 1 5 ( S 1 5 ) に進む。

【 0 0 4 8 】

ステップ 1 4 において、パーズフラグ $F_{po}$ が 1 にセットされる。

【 0 0 4 9 】

ステップ 1 5 において、経過時間 $T$ が、基準処理時間 $T_{de}$ から低減時間 $T_{dc}$ を減算した時間を経過したか否かが判断される。ここで、基準処理時間 $T_{de}$ は、目標空気流量 $Q A_t$

50

が基準空気流量  $Q_{Ai}$  に設定されている場合における起動時水素処理に必要な時間であり、実験やシミュレーションを通じて最適値が設定されている。ステップ 15 において否定判定された場合には、上述したステップ 8 の処理に戻る。一方、ステップ 15 において肯定判定された場合には、本ルーチンを終了する。

【 0 0 5 0 】

図 9 は、起動時水素処理のタイミングチャートである。同図において、( a ) は空気流量を示し、( b ) は電力を示し、( c ) は燃料極における水素の圧力及び酸化剤極における空気の圧力を示す。また、( d ) は空気調圧バルブ 2 1 の開度を示し、( e ) はパージバルブ 1 3 の開閉状態を示し、( f ) は空気排出流路 L 5 を介し外部に放出される水素濃度を示す。

10

【 0 0 5 1 】

このように本実施形態によれば、システムの起動時に、起動時燃料ガス処理が行われる。具体的には、空気調圧バルブ 2 1 の開度 ( 目標開度  $V_{At}$  ) が最小開度  $V_{Amin}$  に制御されて、コンプレッサ 2 0 により空気が基準空気流量 ( 希釈用流量 )  $Q_{Ai}$  で供給される ( タイミング  $t_1$  ) 。そして、酸化剤極における空気の圧力  $P_{Aa}$  が、昇圧目標圧力  $P_{Ath1}$  に到達したことを条件に、空気調圧バルブ 2 1 の開度が最小開度  $V_{Amin}$  よりも大きな開度である開放開度に制御される ( タイミング  $t_2$  ) 。

【 0 0 5 2 】

かかる構成によれば、システムの起動時に、燃料電池スタック 1 の酸化剤極から排出される排出ガスの流れを遮断した状態において、燃料電池スタック 1 の酸化剤極に空気が供給される。これにより、酸化剤極内のガスが下流に押し出されるといった事態を抑制することができる。また、酸化剤極内に存在する水素と、新たに供給される空気とが混合されることにより、水素濃度を下げることができるとともに、酸化剤極における触媒表面上で水素と酸素との反応を促進させることができる。

20

【 0 0 5 3 】

そして、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力  $P_{Aa}$  が、昇圧目標圧力  $P_{Ath1}$  に到達したことを条件に、遮断した排出ガスの流れが開放される。これにより、コンプレッサ 2 0 の回転数を上げることなく、昇圧された空気によって、空気調圧バルブ 2 1 を通過する空気の流量および流速を増加させることができる。そのため、攪拌効果により、水素濃度を低減させることができる。よって、コンプレッサ 2 0 の負荷を抑制しつつ、水素の処理を有効に行うことができる。また、酸化剤ガス系における燃料ガス濃度が高い場合であっても酸化剤ガス系部品の耐圧を超えてしまう可能性を低減できる。

30

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態において、開放開度は、コンプレッサ 2 0 による流量よりも空気調圧バルブ 2 1 を通過する流量が大きくなる関係を有する第 1 の基準開度から、最大開度  $V_{Amax}$  までの範囲の開度に設定される。

【 0 0 5 5 】

かかる構成によれば、コンプレッサ 2 0 の回転数を上げることなく、空気調圧バルブ 2 1 を通過する空気の流量を増加させることができる。そのため、コンプレッサ 2 0 の負荷を抑制しつつ、水素濃度を有効に低減させることができる。

40

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態において、基準空気流量  $Q_{Ai}$  が一定となるように、コンプレッサ 2 0 が制御される。

【 0 0 5 7 】

かかる構成によれば、昇圧後の減圧効果により、空気調圧バルブ 2 1 を通過する流量を増加させることができるので、基準空気流量  $Q_{Ai}$  を一定とすることができる。これにより、コンプレッサ 2 0 の駆動量も一定に制御することができるので、消費電力が増加したり、駆動音や振動が増加したりするといった不都合の発生を抑制することができる。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態において、制御部 3 0 は、燃料電池スタック 1 の燃料極における水素

50

の圧力が、昇圧目標圧力  $P_{A th1}$  から極間差圧  $P_D$  を減じた圧力となるように、水素調圧バルブ 11 を制御する。本実施形態では、昇圧目標圧力  $P_{A th1}$  は、上限空気圧力  $P_{A up}$  に設定される。

【0059】

かかる構成によれば、酸化剤ガスの昇圧代及び昇圧後の減圧幅を大きく設定することができる。これより、希釈効果を最大限に利用することが出来る。

【0060】

また、本実施形態において、制御部 30 は、空気調圧バルブ 21 の開度を開放開度に制御した後に、燃料極における空気の圧力  $P_{A a}$  が、昇圧目標圧力  $P_{A th1}$  よりも小さな圧力に設定された減圧目標圧力  $P_{A th2}$  に到達したことを条件に、空気調圧バルブ 21 の開度を開放開度から減少側に制御する。そして、制御部 30 は、酸化剤極における空気の圧力が減圧目標圧力  $P_{A th2}$  を維持するように空気調圧バルブ 21 の開度を制御する定圧制御を開始する（タイミング  $t_3$ ）。

10

【0061】

かかる構成によれば、昇圧目標圧力  $P_{A th1}$  から減圧目標圧力  $P_{A th2}$  までの範囲において減圧幅を設定することができる。

【0062】

また、本実施形態によれば、減圧目標圧力  $P_{A th2}$  は、昇圧目標圧力  $P_{A th1}$  から、極間差圧  $P_D$  を 2 倍した値を減算した圧力に設定される。

【0063】

20

かかる構成によれば、システムが許容できる範囲において、減圧幅を最大に設定することができる。これにより、コンプレッサ 20 からの供給流量に対し、空気調圧バルブ 21 を通過する空気の流量を多くすることができる。

【0064】

また、本実施形態によれば、定圧制御において、減圧目標圧力  $P_{A th2}$  に基づいて決定される第 2 の基準開度  $V_{A s2}$  が、空気調圧バルブ 21 の下流圧力  $P_{A d}$  に基づいて補正される。また、定圧制御において、減圧目標圧力  $P_{A th2}$  に基づいて決定される第 2 の基準開度  $V_{A s2}$  が、排出空気温度  $T_{A o}$  に基づいて補正される。

【0065】

空気調圧バルブ 21 を通過する空気の温度（排出空気温度  $T_{A o}$ ）または空気の圧力（排出空気温度  $T_{A o}$ ）によって、通過流速および密度が変化する。そのため、空気調圧バルブ 21 を同一の開度に制御したとしても、空気調圧バルブ 21 の圧力損失が変化する。これにより、図 11 の破線に示すように、第 2 の基準開度  $V_{A s2}$  で制御を続けた場合には、空気の圧力が増加してしまうといった虞がある。

30

【0066】

しかしながら、本実施形態によれば、図 11 の実線に示すように、下流圧力  $P_{A d}$  または排出空気温度  $T_{A o}$  に応じて空気調圧バルブ 21 の開度を補正することにより、燃料極における空気の圧力を減圧目標圧力  $P_{A th2}$  に保持することができる。これにより、定圧制御の精度の向上を図ることができる。そのため、空気の圧力が下がりすぎ、燃料電池スタック 1 の許容差圧耐圧を超えてしまうといった現象や、希釈効果の低減といった事態の発生を抑制することができる。

40

【0067】

また、本実施形態において、制御部 30 は、定圧制御を開始した以降において、要求電力  $G_{rq}$  に基づいて燃料電池スタック 1 から出力の取り出しを開始する（タイミング  $t_4$ ）。そして、制御部 30 は、要求空気流量（発電用流量） $Q_{Agr}$  と、基準空気流量  $Q_{Ai}$  とのうち、流量が大きい方を目標空気流量  $Q_{At}$  として空気を供給する。また、制御部 30 は、燃料電池スタック 1 の酸化剤極における空気の圧力が上限空気圧力  $P_{A up}$  を超えないように、空気の目標空気流量  $Q_{At}$  を制限するとともに要求電力  $G_{rq}$  を制限する。

【0068】

かかる構成によれば、起動時水素処理中においても、燃料電池スタック 1 から出力を取

50

り出すことができる。また、空気調圧バルブ 21 を最大開度  $V A_{max}$  に制御しているシーンでは、空気流量を増加させることにより、圧力を下げられなくなるといった事態が生じる。そのため、供給できる空気の流量を制限する必要がある。本実施形態によれば、上限空気圧力  $P A_{up}$  を超えないように、空気の目標空気流量  $Q A_t$  が制限され、また、この制限された空気流量  $Q A_t$  で安定して発電できるように、要求電力  $G r_q$  が制限される。これにより、燃料電池スタック 1 の破損や電圧の低下、燃料電池スタック 1 の劣化などを抑制することができる。

【0069】

また、本実施形態において、制御部 30 は、定圧制御を開始したタイミングからの経過時間  $T$  が、本シーンにおける空気流量の積算値が最も小さい場合において空気調圧バルブ 21 の下流における水素濃度が目標濃度以下となるような処理時間に到達した場合に、定圧制御を終了する（タイミング  $t_7$ ）。これより、本シーンにおいて酸化剤極に供給された空気流量が最も少ない場合でも、定圧制御、すなわち、起動時水素処理を適切に終了することができる。

10

【0070】

また、本実施形態において、制御部 30 は、目標空気流量  $Q A_t$  が、基準空気流量  $Q A_i$  を超えた流量分の積算値に基づいて、起動時燃料ガス処理の終了タイミングをタイミング  $t_7$  に対して早期に設定する（タイミング  $t_6$ ）。

【0071】

図 10 に示すように、領域 A1 は、目標空気流量  $Q A_t$  が基準空気流量  $Q A_i$  を超えた流量分の積算値である。すなわち、この領域 A1 に相当する分の空気が希釈用の空気よりも余計に供給されている。そのため、目標空気流量  $Q A_t$  が基準空気流量  $Q A_i$  に維持されたケースと比較して、領域 A1 に対応する領域 A2 分だけ、終了タイミングを先行して設定することができる。これにより起動時間の短縮を図ることができる。

20

【0072】

また、本実施形態において、制御部 30 は、初期的にパージバルブ 13 を閉状態に制御する。そして、制御部 30 は、酸化剤極側から排出されるガスによってパージ流路 L3 を介し排出される水素を希釈することができるだけの希釈処理時間が経過したことを条件に、パージバルブ 13 を開状態に制御する（タイミング  $t_6$ ）。

【0073】

かかる構成によれば、システムの停止期間中に燃料電池スタック 1 の燃料極および循環系内に溜まった窒素などの不純物を排出を早期に行いつつ、水素の希釈性能を確保することができる。

30

【0074】

なお、制御部 30 は、パージ流路 L3 においてパージバルブ 13 から、空気排出流路 L5 との接続部までの距離に基づいて、パージバルブ 13 を開状態に制御するタイミングを希釈処理時間の経過前に設定することができる。これにより、より早期に、不純物の排出を行うことができる。

【0075】

以上、本発明の実施形態にかかる燃料電池システムおよびその制御方法について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることなく、その発明の範囲内において種々の変形が可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図 1】燃料電池システムを概略的に示す構成図

【図 2】燃料電池システムの制御方法の手順を示すフローチャート

【図 3】ステップ 9 における目標開度  $V A_t$  の設定処理を示す説明図

【図 4】補正係数  $k_1$  の説明図

【図 5】補正係数  $k_2$  の説明図

【図 6】上限空気圧力  $P A$  の説明図

50

- 【図7】 要求空気流量  $Q_{Agr}$  の説明図
- 【図8】 発電可能電力  $G_{aq}$  の説明図
- 【図9】 起動時水素処理のタイミングチャート
- 【図10】 起動時水素処理の終了タイミングの説明図
- 【図11】 空気調圧バルブ 21 の開度補正の説明図
- 【符号の説明】

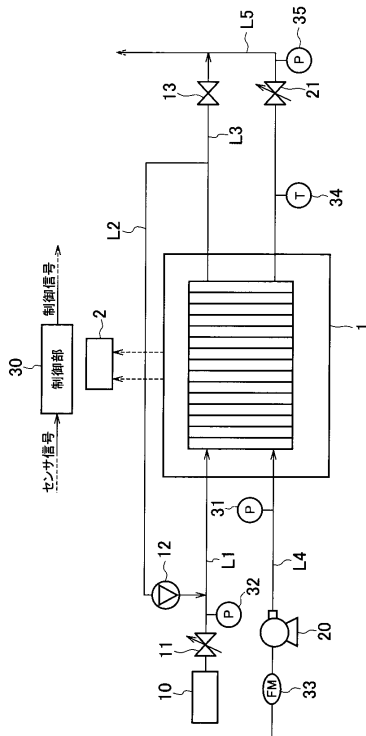
【0077】

- 1 燃料電池スタック
- 2 出力取出装置
- 10 燃料タンク
- 11 水素調圧バルブ
- 12 水素循環ポンプ
- 13 パージバルブ
- 20 コンプレッサ
- 21 空気調圧バルブ
- 30 制御部
- 31 空気圧力センサ
- 32 水素圧力センサ
- 33 空気流量センサ
- 34 空気温度センサ
- 35 下流圧力センサ

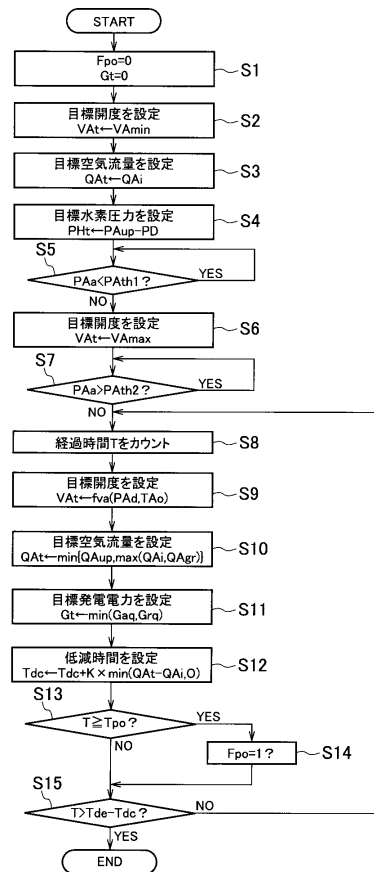
10

20

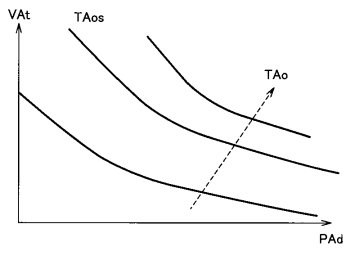
【図1】



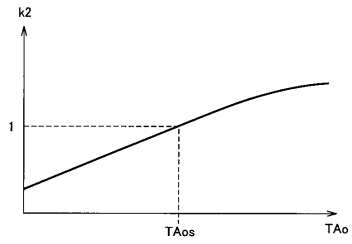
【図2】



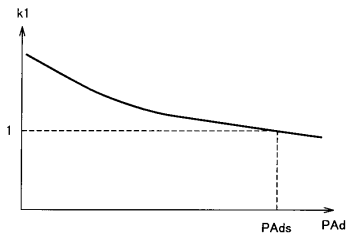
【 図 3 】



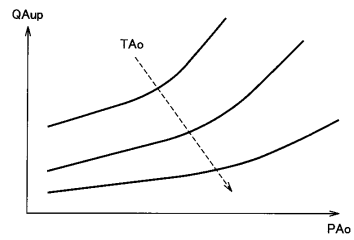
【 図 5 】



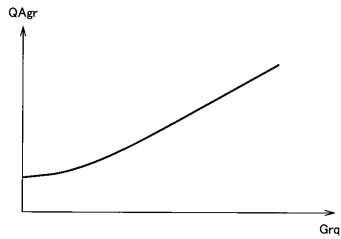
【 図 4 】



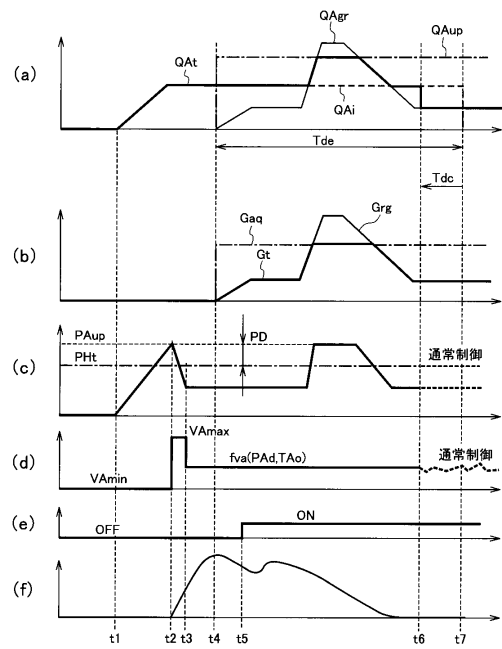
【 図 6 】



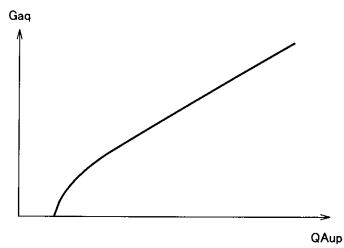
【 図 7 】



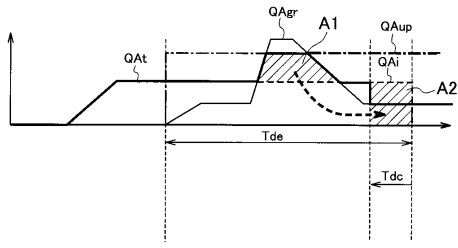
【 図 9 】



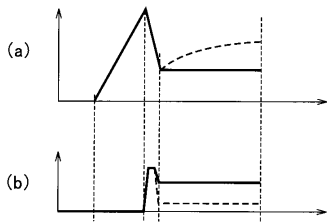
【 図 8 】



【 10 】



【 11 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 M 8/00 Z

(72)発明者 筑後 隼人  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内  
(72)発明者 下井 亮一  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内  
(72)発明者 熊田 光徳  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 清水 康

(56)参考文献 特開2007-059348(JP,A)  
特開2005-158557(JP,A)  
特開2008-010347(JP,A)  
特開2007-157621(JP,A)  
特開2008-078101(JP,A)  
特開2005-267969(JP,A)  
特開2007-265676(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4