

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-182688
(P2013-182688A)

(43) 公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 X	5 H O 2 7
HO 1 M 8/00 (2006.01)	HO 1 M 8/04 Y	
	HO 1 M 8/04 A	
	HO 1 M 8/04 N	
	HO 1 M 8/04 J	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-43866 (P2012-43866)
(22) 出願日 平成24年2月29日 (2012. 2. 29)

(71) 出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(74) 代理人 100075513
弁理士 後藤 政喜
(74) 代理人 100120178
弁理士 三田 康成
(74) 代理人 100120260
弁理士 飯田 雅昭
(74) 代理人 100130638
弁理士 野末 貴弘
(72) 発明者 牧野 真一
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

最終頁に続く

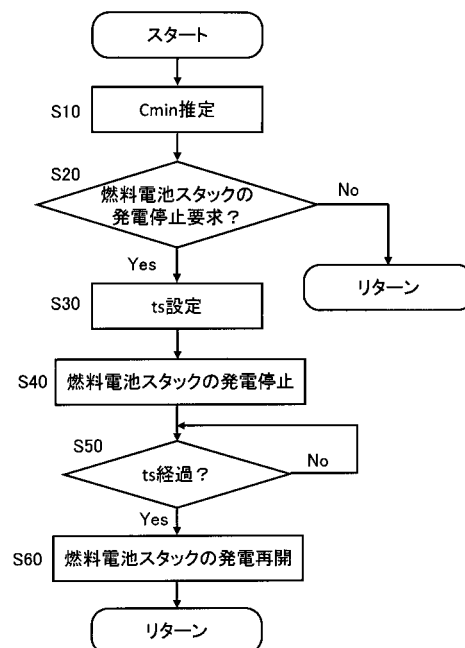
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】燃料電池の停止再始動運転の実行条件を適切に設定しないと、発電運転の停止中に、カソード触媒が劣化する。

【解決手段】制御弁を周期的に開閉することによって、制御弁よりも下流のアノードガスの圧力を周期的に増減圧させるとともに、燃料電池に対する発電の停止指令に基づいて燃料電池の発電運転を停止し、所定の運転再開条件が成立すると、燃料電池へのアノードガスの供給と共に燃料電池の発電運転を再開する燃料電池システムにおいて、燃料電池の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度を求め、求めたアノードガス濃度に応じて、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を設定する。

【選択図】 図 6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アノードガスおよびカソードガスを燃料電池に供給して発電させる燃料電池システムであって、

前記燃料電池に供給するアノードガスの圧力を制御する制御弁と、

前記燃料電池から排出されるアノードオフガスを蓄えるバッファ部と、

前記制御弁よりも下流のアノードガスの圧力が周期的に増減するように前記制御弁を制御する脈動運転制御手段とを備えた非循環型アノードシステムにおいて、

前記燃料電池に対する発電の停止指令に基づいて前記制御弁を閉止して前記アノードガスの供給と燃料電池の発電運転を停止し、所定の運転再開条件が成立すると前記燃料電池へのアノードガスの供給と共に、発電運転を再開する停止再始動制御手段と、

前記燃料電池の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなる位置のアノードガス濃度を求めるアノードガス濃度取得手段と、

前記所定の運転再開条件として、前記アノードガス濃度取得手段によって求められたアノードガス濃度に応じて、前記燃料電池の停止再始動運転の実行条件を設定する実行条件設定手段と、

を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記実行条件設定手段は、前記アノードガス濃度取得手段によって求められたアノードガス濃度が低いほど、前記燃料電池の発電を停止させる時間を短く設定する、ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記実行条件設定手段は、前記アノードガス濃度取得手段によって求められたアノードガス濃度が低いほど、前記燃料電池の発電運転の再始動時に前記燃料電池の出力を補助するバッテリーの出力量を大きくする、ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、

前記実行条件設定手段は、前記アノードガス濃度取得手段によって求められたアノードガス濃度が低いほど、前記燃料電池の発電運転を再開したのちに再度発電運転を停止するまでの再停止禁止時間を長く設定する、ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池の発電運転を停止させる直前のアノード系内の圧力降下量を求めるアノード圧降下量取得手段をさらに備え、

前記アノードガス濃度取得手段は、前記アノード系内の圧力降下量に基づいて、前記局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度を推定する、

【請求項 6】

請求項 5 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記実行条件設定手段は、前記アノード系内の圧力降下量が大きいくほど、前記燃料電池の発電運転を停止させる時間を短く設定する、ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 7】

請求項 5 または請求項 6 に記載の燃料電池システムにおいて、

前記実行条件設定手段は、前記アノード系内の圧力降下量が大きいくほど、前記燃料電池の発電運転の再始動時に前記燃料電池の出力を補助するバッテリーの出力量を大きくする、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 5 から請求項 7 のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、前記実行条件設定手段は、前記アノード系内の圧力低下量が大きいほど、前記燃料電池の発電運転を再開したのちに再度発電運転を停止するまでの再停止禁止時間を長く設定する、

ことを特徴とする燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、燃料電池システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、燃料電池の発電能力が低い状態である場合には、燃料電池の発電運転の停止時間が短くなるように制御する技術が知られている（特許文献 1 参照）。特許文献 1 には、燃料電池スタックのアノードの窒素濃度が高い（アノードの水素濃度が低い）ときには、再始動時に発電しにくい状態になることから、発電運転停止中にカソードからの窒素のクロスリークによって、さらに窒素濃度が高くなるのを抑制するため、停止時のスタック上下流の不純物濃度に基づいて、不純物濃度が高いときには、運転停止時間を短く設定することが開示されている。また、再停止禁止時間が長くなるように設定することも開示されて

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 278276 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

現在、本願発明者らは、特許文献 1 に開示された循環システムとは異なる、アノード非循環システムを開発している。アノード非循環システムでは、脈動によって運転中の不純物（窒素や水）をアノードオフガス側に設けられるバッファタンクへ押し込むことを行っている。当該システムにおいてシステム停止が実行されると、次のような課題が生じることが知見された。

30

【0005】

システム停止中にカソード側からクロスリークする酸素によりアノード側の水素が消費されると、バッファタンクの圧力に比してスタック内の圧力が低くなり、バッファタンク内の不純物含有ガスがスタック内に徐々に逆流してくる。これにより、循環系システムに比して、システム停止中に発電領域内に、局所的に不純物濃度が高くなる箇所が存在する可能性がある。従って、供給するアノードガスやアノードから排出されるオフガスの中の不純物濃度に基づいて、発電運転の停止時間や再停止禁止時間を設定すると、発電運転を

40

【0006】

そこで、本発明は、バッファタンクを備えた非循環型システムを供え、脈動運転を実施する燃料電池システムにおいて、燃料電池の最適な停止期間（若しくは、再停止禁止期間）を設定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による燃料電池システムは、燃料電池に供給するアノードガスの圧力を制御する制御弁と、燃料電池から排出されるアノードオフガスを蓄えるバッファ部とを備え、制御弁よりも下流のアノードガスの圧力が周期的に増減するように制御弁を制御し、燃料電池

50

に対する発電停止指令に基づいて制御弁を閉止してアノードガスの供給と燃料電池の発電運転を停止し、所定の運転再開条件が成立すると、燃料電池へのアノードガスの供給と共に、発電運転を再開する。この燃料電池システムにおいて、燃料電池の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなる位置のアノードガス濃度を求め、所定の運転再開条件として、求めたアノードガス濃度に応じて、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を設定する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、燃料電池の発電停止指令後に、運転の停止によりバッファタンクからの不純物混合ガスが発電領域に逆流し、それに起因して、局所的に不純物濃度が高くなってきても、燃料電池の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなる位置の濃度を推定しているため、その位置の不純物濃度が高くなり過ぎる前に発電を再開できるので、停止再始動運転の実行条件を適切に設定でき、発電停止中のカソード触媒劣化を抑制できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1の実施形態における燃料電池システムの構成について説明するための図である。

【図2】図2は、第1の実施形態におけるアノードガス非循環型の燃料電池システムの概略構成図である。

20

【図3】図3は、燃料電池システムの運転状態が一定の定常運転時における脈動運転について説明する図である。

【図4】図4は、下げ過渡運転時に調圧弁を全閉にしてアノード圧を下限圧まで低下させた場合のアノード圧の変化を示すタイムチャートである。

【図5】図5は、アノードガス流路の内部で局所的にアノードガス濃度が他よりも低くなる部分が発生する理由について説明するための図である。

【図6】図6は、第1の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図7】図7は、アノード圧低下量と、下げ過渡前バッファ濃度とに基づいて、推定流路内最低アノードガス濃度を算出するマップである。

30

【図8】図8は、推定流路内最低アノードガス濃度と、再始動時における燃料電池スタックの許容出力低下量と、燃料電池スタックの発電運転の停止時間との関係を示すマップの一例である。

【図9】図9は、推定流路内最低アノードガス濃度と、燃料スタックの運転停止中のカソード触媒層の許容劣化量と、燃料電池スタックの発電運転の停止時間との関係を示すマップの一例である。

【図10】図10は、第2の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図11】図11は、推定流路内最低アノードガス濃度とバッテリーアシスト量との関係を示すマップの一例である。

40

【図12】図12は、第3の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図13】図13は、推定流路内最低アノードガス濃度と、再停止禁止時間との関係を示すマップの一例である。

【図14】図14は、第4の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図15】図15は、アノード圧力低下量と、再始動時における燃料電池スタックの許容

50

出力低下量と、燃料電池スタックの発電運転の停止時間との関係を示すマップの一例である。

【図16】図16は、アノード圧力低下量と、燃料スタックの運転停止中のカソード触媒層の許容劣化量と、燃料電池スタックの発電運転の停止時間との関係を示すマップの一例である。

【図17】図17は、第5の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図18】図18は、アノード圧力低下量とバッテリーアシスト量との関係を示すマップの一例である。

【図19】図19は、第6の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタックの停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。

【図20】図20は、アノード圧力低下量と、再停止禁止時間との関係を示すマップの一例である。

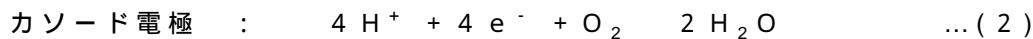
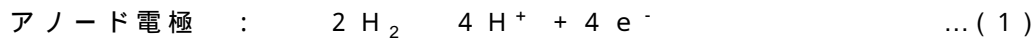
【発明を実施するための形態】

【0010】

- 第1の実施形態 -

燃料電池は電解質膜をアノード電極（燃料極）とカソード電極（酸化剤極）とで挟み、アノード電極に水素を含有するアノードガス（燃料ガス）、カソード電極に酸素を含有するカソードガス（酸化剤ガス）を供給することによって発電する。アノード電極及びカソード電極の両電極において進行する電極反応は以下の通りである。

【0011】



式(1)及び式(2)の電極反応によって燃料電池は1ボルト程度の起電力を生じる。

【0012】

図1は、第1の実施形態における燃料電池システムの構成について説明するための図である。図1(A)は、燃料電池10の斜視図である。図1(B)は、図1(A)の燃料電池のB-B断面図である。

【0013】

燃料電池10は、膜電極接合体（Membrane Electrode Assembly；以下「MEA」という）11の表裏両面に、アノードセパレータ12とカソードセパレータ13とが配置されて構成される。

【0014】

MEA11は、電解質膜111と、アノード電極112と、カソード電極113と、を備える。MEA11は、電解質膜111の一方の面にアノード電極112を有し、他方の面にカソード電極113を有する。

【0015】

電解質膜111は、フッ素系樹脂により形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜である。電解質膜111は、湿潤状態で良好な電気伝導性を示す。

【0016】

アノード電極112は、触媒層112aとガス拡散層112bとを備える。触媒層112aは、電解質膜111と接する。触媒層112aは、白金又は白金等が担持されたカーボンブラック粒子から形成される。ガス拡散層112bは、触媒層112aの外側（電解質膜111の反対側）に設けられ、アノードセパレータ12と接する。ガス拡散層112bは、十分なガス拡散性および導電性を有する部材によって形成され、例えば、炭素繊維からなる糸で織成したカーボクロスやカーボンペーパーで形成される。

【0017】

カソード電極113もアノード電極112と同様に、触媒層113aとガス拡散層11

10

20

30

40

50

3 bとを備える。

【0018】

アノードセパレータ12は、ガス拡散層112bと接する。アノードセパレータ12は、ガス拡散層112bと接する側に、アノード電極112にアノードガスを供給するための複数の溝状のアノードガス流路121を有する。

【0019】

カソードセパレータ13は、ガス拡散層113bと接する。カソードセパレータ13は、ガス拡散層113bと接する側に、カソード電極113にカソードガスを供給するための複数の溝状のカソードガス流路131を有する。

【0020】

アノードガス流路121を流れるアノードガスと、カソードガス流路131を流れるカソードガスとは、互いに平行に同一方向に流れても良いし、互いに平行に逆方向に流れるようにしても良い。また、直交するように流しても良い。

【0021】

このような燃料電池10を自動車用動力源として使用する場合には、要求される電力が大きいため、数百枚の燃料電池10を積層した燃料電池スタックとして使用する。そして、燃料電池スタックにアノードガス及びカソードガスを供給する燃料電池システムを構成して、車両駆動用の電力を取り出す。

【0022】

図2は、第1の実施形態におけるアノードガス非循環型の燃料電池システム1の概略構成図である。

【0023】

燃料電池スタック2は、複数枚の燃料電池10を積層したものであり、アノードガス及びカソードガスの供給を受けて発電し、車両の駆動に必要な電力（例えばモータを駆動するために必要な電力）を発電する。本実施形態では、カソードガスとして空気を使用している。

【0024】

燃料電池スタック2のアノードには、高圧のアノードガス（水素）を貯蔵した高圧タンク31から、アノードガス供給配管32（燃料ガス供給流路）を介してアノードガスが供給される。高圧タンク31の代わりに、アルコール、炭化水素などを原料とする改質反応によって水素を生成してもよい。

【0025】

アノードガス供給配管32には、アノードガスの供給量を調整するために、圧力調整弁33が配置されている。圧力調整弁33は、連続的又は段階的に開度を調節することができる電磁弁であり、その開度はコントローラ4によって制御される。

【0026】

圧力センサ34は、圧力調整弁33よりも下流のアノードガス供給配管32に設けられる。圧力センサ34は、圧力調整弁33よりも下流のアノードガス供給配管32を流れるアノードガスの圧力を検出する。本実施形態では、この圧力センサ34で検出したアノードガスの圧力を、燃料電池スタック内部の各アノードガス流路121とバッファタンク36とを含むアノード系全体の圧力（以下「アノード圧」という。）として代用する。

【0027】

アノードガス排気配管35は、一端部が燃料電池スタック2のアノードガス出口孔に接続され、他端部がバッファタンク36の上部に接続される。アノードガス排気配管35には、電極反応に使用されなかった余剰のアノードガスと、カソード側からアノードガス流路121へとクロスリークしてきた窒素や水蒸気などの不純ガスとの混合ガス（以下、「アノードオフガス」という。）が排出される。

【0028】

バッファタンク36は、アノードガス排気配管35を流れてきたアノードオフガスを一旦蓄える。アノードオフガス中の水蒸気の一部は、バッファタンク36内で凝縮し

10

20

30

40

50

て液水となり、アノードオフガスから分離される。

【 0 0 2 9 】

パージ通路 3 7 は、一端部がバッファタンク 3 6 の下部に接続される。パージ通路 3 7 の他端部は、開口端となっている。バッファタンク 3 6 に溜められたアノードオフガス及び液水は、パージ通路 3 7 を通って開口端から外気へ排出される。

【 0 0 3 0 】

パージ弁 3 8 は、パージ通路 3 7 に設けられる。パージ弁 3 8 は、連続的又は段階的に開度を調節することができる電磁弁であり、その開度はコントローラ 4 によって制御される。パージ弁 3 8 の開度を調節することで、バッファタンク 3 6 からパージ通路 3 7 を介して外気へ排出するアノードオフガスの量を調節し、バッファタンク 3 6 内のアノードガス濃度が一定範囲内となるように調節する。これは、バッファタンク 3 6 内のアノードガス濃度が高くなり過ぎると、バッファタンク 3 6 からパージ通路 3 7 を通って外気へ排出されるアノードガス量が多くなり、無駄となるからである。一方、濃度が低くなり過ぎると燃料が欠乏して発電不能になったり、触媒が劣化するからである。

10

【 0 0 3 1 】

燃料電池スタック 2 のカソードには、コンプレッサ 1 5 から供給管 1 6 を介してカソードガス（空気）が供給される。コンプレッサに代えて、ブロー等の空気供給手段を用いることができる。圧力センサ 1 4 は、供給管 1 6 に設けられ、カソードガスの圧力を検出する。燃料電池スタック 2 のカソードから排出されたカソードガスは、排出管 1 7 を介して大気中に放出される。排出管 1 7 には、背圧（カソードガス流路の圧力）を調整するため調圧バルブ 1 8 が配置されている。

20

【 0 0 3 2 】

燃料電池スタック 2 には、さらにラジエータ 4 3 から冷却水配管 4 2 を介して冷却水が供給される。燃料電池スタック 2 で発生した熱を取り込んで温度上昇した冷却水は、冷却水配管 4 2 を介してラジエータ 4 3 に送られて冷やされた後、再び燃料電池スタック 2 の内部に循環される。冷却水配管 4 2 には、水循環のための冷却水ポンプ 4 1 が配置されている。

【 0 0 3 3 】

コントローラ 4 は、中央演算装置（CPU）、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）及び入出力インタフェース（I/Oインタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成される。

30

【 0 0 3 4 】

コントローラ 4 には、圧力センサ 3 4 によって検出されるアノード圧、圧力センサ 1 4 によって検出されるカソード圧、電圧センサ 5 によって検出される燃料電池スタック 2 の電圧など、燃料電池システム 1 の運転状態を検出するための信号が入力される。

【 0 0 3 5 】

コントローラ 4 は、これらの入力信号に基づいて圧力調整弁 3 3 を周期的に開閉し、アノード圧を周期的に増減圧させる脈動運転を行うとともに、パージ弁 3 8 の開度を調節してバッファタンク 3 6 から排出するアノードオフガスの流量を調節し、バッファタンク 3 6 内のアノードガス濃度を一定範囲内に保つ。

40

【 0 0 3 6 】

コントローラ 4 はまた、燃料電池スタック 2 に対する発電運転の停止指令に基づいて燃料電池スタック 2 の発電運転を停止し、停止後に発電運転の再開指令があると、燃料電池スタック 2 の発電運転を再開する。

【 0 0 3 7 】

さらに、コントローラ 4 は、後述するように、燃料電池スタック 2 の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度を求め、求めたアノードガス濃度に応じて、燃料電池スタック 2 の発電運転の停止処理への移行可否を決定する。

【 0 0 3 8 】

アノードガス非循環型の燃料電池システム 1 の場合、圧力調整弁 3 3 を開いたままにし

50

て高圧タンク 3 1 から燃料電池スタック 2 にアノードガスを供給し続けてしまうと、燃料電池スタック 2 から排出された未使用のアノードガスを含むアノードオフガスが、バッファタンク 3 6 からパージ通路 3 7 を介して外気へ排出され続けてしまうので無駄となる。

【 0 0 3 9 】

そこで、本実施形態では、圧力調整弁 3 3 を周期的に開閉し、アノード圧を周期的に増減圧させる脈動運転を行う。脈動運転を行うことで、バッファタンク 3 6 に溜めたアノードオフガスを、アノード圧の減圧時に燃料電池スタック 2 に逆流させることができる。これにより、アノードオフガス中のアノードガスを再利用することができるので、外気へ排出されるアノードガス量を減らすことができ、無駄をなくすることができる。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、燃料電池システム 1 の運転状態が一定の定常運転時における脈動運転について説明する図である。

【 0 0 4 1 】

図 3 (A) に示すように、コントローラ 4 は、燃料電池システム 1 の運転状態 (燃料電池スタックの負荷) に基づいて燃料電池スタック 2 の目標出力を算出し、目標出力に応じたアノード圧の上限値及び下限値を設定する。そして、設定したアノード圧の上限値及び下限値の間でアノード圧を周期的に増減圧させる。

【 0 0 4 2 】

具体的には、時刻 t_1 でアノード圧が下限値に達したら、図 3 (B) に示すように、少なくともアノード圧を上限値まで増圧させることができる開度まで圧力調整弁 3 3 を開く。この状態のとき、アノードガスは、高圧タンク 3 1 から燃料電池スタック 2 に供給され、バッファタンク 3 6 へと排出される。

【 0 0 4 3 】

時刻 t_2 でアノード圧が上限値に達したら、図 3 (B) に示すように圧力調整弁 3 3 を全閉とし、高圧タンク 3 1 から燃料電池スタック 2 へのアノードガスの供給を停止する。そうすると、上述した (1) の電極反応によって、燃料電池スタック内部のアノードガス流路 1 2 1 に残されたアノードガスが時間の経過とともに消費されるので、アノードガスの消費分だけアノード圧が低下する。

【 0 0 4 4 】

また、アノードガス流路 1 2 1 に残されたアノードガスが消費されると、一時的にバッファタンク 3 6 の圧力がアノードガス流路 1 2 1 の圧力よりも高くなるので、バッファタンク 3 6 からアノードガス流路 1 2 1 へとアノードオフガスが逆流する。その結果、アノードガス流路 1 2 1 に残されたアノードガスと、アノードガス流路 1 2 1 に逆流したアノードオフガス中のアノードガスが時間の経過とともに消費され、さらにアノード圧が低下する。

【 0 0 4 5 】

時刻 t_3 でアノード圧が下限値に達したら、時刻 t_1 のときと同様に圧力調整弁 3 3 が開かれる。そして、時刻 t_4 で再びアノード圧が上限値に達したら、圧力調整弁 3 3 を全閉とする。

【 0 0 4 6 】

ここで、このような脈動運転を実施する場合、燃料電池システム 1 の運転状態が変化するとき、具体的には、燃料電池スタック 2 の目標出力が減少して、燃料電池スタック 2 の出力を目標出力に向けて減少させる過渡運転時 (以下、下げ過渡運転時と呼ぶ) に、アノードガス流路 1 2 1 の内部で局所的にアノードガス濃度が他よりも低くなる部分が発生することがわかった。以下、この点について図 4 及び図 5 を参照して説明する。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、下げ過渡運転時に調圧弁 3 3 を全閉にしてアノード圧を下限圧まで低下させた場合のアノード圧の変化を示すタイムチャートである。

【 0 0 4 8 】

時刻 t_1 で、例えばアクセル操作量が減少して燃料電池スタック 2 の目標出力が低下

10

20

30

40

50

すると、図4(A)に示すように、低下した目標出力に応じたアノード圧の上限値及び下限圧が設定される。高出力時は消費する燃料の量が多いため、低出力時に比較してアノード圧を高く設定するのが一般的である。

【0049】

このとき、図4(A)及び図4(B)に示すように、時刻 t_{11} で圧力調整弁33を全閉にしてアノード圧を下限値まで低下させると(時刻 t_{12})、アノードガス流路121の内部で局所的にアノードガス濃度が他よりも低くなる部分が発生する。この理由について、図5を参照して説明する。

【0050】

図5は、アノードガス流路121の内部で局所的にアノードガス濃度が他よりも低くなる部分が発生する理由について説明するための図である。図5(A)は、下げ過渡運転時に圧力調整弁33を全閉にしたときの、アノードガス流路121内のアノードガス及びアノードオフガスの流れを示す図である。図5(B)は、下げ過渡運転時に圧力調整弁33を全閉にしたときの、アノードガス流路121内のアノードガスの濃度分布を時間の経過に応じて示した図である。

10

【0051】

図5(A)に示すように、圧力調整弁33が全閉にされると、アノードガス流路121に残されたアノードガスは、慣性でバッファタンク36側へと流れる。そして、アノードガス流路121に残されたアノードガスが消費されると、一時的にバッファタンク36の圧力がアノードガス流路121の圧力よりも高くなるので、バッファタンク36側からアノードガス流路121へとアノードオフガスが逆流してくる。

20

【0052】

そうすると、アノードガス流路121をバッファタンク36側に流れるアノードガスと、バッファタンク36側からアノードガス流路121へと逆流してきたアノードオフガスと、の合流部において、それぞれのガス流速がゼロとなる淀み点が発生する。

【0053】

アノードガス流路121内でこのような淀み点が発生すると、上述した(1)の電極反応に使用されないアノードオフガス中の窒素が、時間の経過に応じて淀み点近傍に溜まっていく。その結果、淀み点近傍の窒素濃度が時間の経過に応じて他よりも高くなってしまい、図5(B)に示すように、淀み点近傍のアノードガス濃度が時間の経過に応じて他よりも低くなってしまふ。以下の説明において、この淀み点におけるアノードガス濃度のことを、必要に応じて「流路内最低アノードガス濃度」という。

30

【0054】

このように、下げ過渡運転後は、アノードガス流路121の内部に淀み点が存在する状態となり、アノードガス流路121の内部で局所的にアノードガス濃度が他よりも低くなる部分が発生する。

【0055】

第1の実施形態における燃料電池システムでは、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を推定し、推定した流路内最低アノードガス濃度 C_{min} (以下、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} とも呼ぶ)に応じて、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する。燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件には、燃料電池スタック2の発電運転停止中の制御条件および再始動後の制御条件が含まれる。

40

【0056】

図6は、第1の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。ステップS10から始まる処理は、コントローラ4によって行われる。

【0057】

ステップS10では、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を推定する。流路内最低アノードガス濃度 C_{min} の推定方法を、図7を用いて説明する。

【0058】

50

図7は、アノード圧降下量 P_a と、下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} と、に基づいて、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を算出するマップである。アノード圧降下量 P_a は、下げ過渡運転に入る直前のアノード圧と、現在のアノード圧との差圧である。また、下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} は、下げ過渡運転に入る直前のバッファタンク36内のアノードガスの濃度であり、図示しないセンサにより検出する。

【0059】

図6に示すように、下げ過渡運転中における推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} は、アノード圧降下量 P_a が大きくなるほど、また、下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} が低いほど低くなる。

10

【0060】

コントローラ4は、アノード圧降下量 P_a および下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} を求め、求めたアノード圧降下量 P_a および下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} と、図7に示すマップとに基づいて、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を推定する。

【0061】

ステップS20では、燃料電池スタック2の発電停止要求があったか否かを判定する。例えば、アイドルストップ機能を有する車両がアイドルストップすると、燃料電池スタック2の発電停止要求が出される。燃料電池スタック2の発電停止要求がないと判定するとステップS10に戻り、発電停止要求があったと判定すると、ステップS30に進む。

20

【0062】

ステップS30では、ステップS10で推定した流路内最低アノードガス濃度 C_{min} に基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を設定する。以下では、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、次の燃料電池スタック2の発電運転の再開時に、燃料電池スタック2の出力が低下する量のシステム許容量とに基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を設定する方法と、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、燃料電池スタック2の発電運転の停止中に、カソード触媒が劣化する量の許容量に基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を設定する方法についてそれぞれ説明する。

【0063】

30

図8は、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、発電運転の再開時に燃料電池スタック2の出力が低下する量のシステム許容量と、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s との関係を示すマップの一例である。図8に示すように、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} が低いほど、また、発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量が小さいほど、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を短くする。

【0064】

発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量は、例えば、発電運転再開時における車速に基づいて決定することができる。すなわち、車速が高いほど、発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量は小さくなり、逆に車速が低いほど、発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量は大きくなる。

40

【0065】

図9は、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、燃料電池スタック2の発電運転停止中のカソード触媒の許容劣化量と、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s との関係を示すマップの一例である。図9に示すように、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} が低いほど、また、燃料電池スタック2の発電運転停止中におけるカソード触媒の許容劣化量が少ないほど、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を短くする。なお、燃料電池スタック2の発電運転停止中におけるカソード触媒層の許容劣化量は、例えば、燃料電池スタック2の運転目標時間から決定することができる。

【0066】

図6に示すフローチャートのステップS40では、燃料電池スタック2の発電運転を停

50

止させる。なお、発電運転を停止させると、停止時間の計測を開始する。

【0067】

ステップS50では、発電運転の停止時間がステップS30で設定した停止時間 t_s を経過したか否かを判定する。発電運転の停止時間が停止時間 t_s を経過していないと判定すると、そのまま待機し、停止時間 t_s を経過したと判定すると、ステップS60に進む。

【0068】

ステップS60では、燃料電池スタック2の発電運転を再開させる。

【0069】

以上、第1の実施形態における燃料電池によれば、アノードガス非循環型の燃料電池システムにおいて、燃料電池の発電領域内で局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度を求め、求めたアノードガス濃度に応じて、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を設定する。これにより、アノードガス非循環型の燃料電池システムにおいて、発電領域内で局所的に低くなっているアノードガス濃度を考慮して、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を適切に設定することができる。従って、発電運転停止中におけるカソード触媒の劣化を抑制することができ、また、運転再開後の出力応答性の低下を防ぐことができる。なお、触媒の劣化は、発電運転停止中にカソードからアノードにクロスリークしてくるカソードガスによって水素フロントが形成されることによって生じる。具体的には、カソード内で、電気触媒としての白金を担持しているカーボンが電気化学反応によって生成された水と反応することで二酸化炭素に変化してしまい、カーボンに担持されていた白金が溶出して触媒機能が低下してしまう。

10

20

【0070】

特に、局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度が低いほど、燃料電池の発電運転の停止時間を短く設定するので、発電運転停止中におけるカソード触媒の劣化を抑制することができ、また、運転再開後の出力応答性の低下を防ぐことができる。

【0071】

- 第2の実施形態 -

負荷に電力を供給する電力供給源として、燃料電池スタック2の他にバッテリー（二次電池）を搭載した車両が知られている。この車両において、停止状態にある燃料電池の発電運転の再始動時に、バッテリー2の出力を燃料電池スタック2の出力の補助として用いることにより、出力応答性を向上させることができる。

30

【0072】

第2の実施形態における燃料電池システムでは、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} に応じて、燃料電池の発電運転の再始動時に燃料電池の出力を補助するバッテリーの出力量を大きくする。

【0073】

図10は、第2の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。図6に示すフローチャートの処理と同一の処理を行うステップについては、同一の符号を付して、詳しい説明は省略する。

40

【0074】

ステップS20の判定を肯定した後に進むステップS100では、ステップS10で推定した流路内最低アノードガス濃度 C_{min} に基づいて、停止状態における燃料電池スタック2の発電運転再開時のバッテリアシスト量 B_a を設定する。

【0075】

図11は、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} とバッテリアシスト量 B_a との関係を示すマップの一例である。予め、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、発電運転再開時の燃料電池スタック2の出力低下量との関係を実験等により求めておき、発電運転再開時の燃料電池スタック2の出力低下量をバッテリアシスト量 B_a として設定する。流路内

50

最低アノードガス濃度 C_{min} と、発電運転再開時の燃料電池スタック 2 の出力低下量との関係に基づいて、図 1 1 に示すように、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} が低いほど、バッテリアシスト量 B_a を大きくする。なお、バッテリアシスト量 B_a を、発電運転再開時の燃料電池スタック 2 の出力低下量と異なる値に設定するようにしてもよい。

【 0 0 7 6 】

図 1 0 に示すフローチャートのステップ S 1 1 0 では、燃料電池スタック 2 の発電開始要求があったか否かを判定する。発電開始要求がないと判定するとステップ S 1 1 0 で待機し、発電要求があったと判定すると、ステップ S 1 2 0 に進む。

【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 2 0 では、燃料電池スタック 2 の発電運転を再開するとともに、ステップ S 1 0 0 で設定したバッテリアシスト量 B_a をバッテリーから負荷に供給する。すなわち、発電運転再開時に燃料電池スタック 2 の出力が低下する量を、バッテリーからのバッテリアシスト量 B_a で補うことにより、システム全体としての出力応答性の低下を抑制する。

10

【 0 0 7 8 】

以上、第 2 の実施形態における燃料電池システムによれば、局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度が低いほど、燃料電池の発電運転再開時に、バッテリーからのバッテリアシスト量を大きくするので、システム全体としての出力応答性の低下を抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

- 第 3 の実施形態 -

20

図 1 2 は、第 3 の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック 2 の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。図 6 に示すフローチャートの処理と同一の処理を行うステップについては、同一の符号を付して、詳しい説明は省略する。

【 0 0 8 0 】

ステップ S 2 0 の判定を肯定した後に進むステップ S 2 0 0 では、ステップ S 1 0 で推定した流路内最低アノードガス濃度 C_{min} に基づいて、燃料電池スタック 2 の発電運転を再開した後、発電運転を再度停止するまでの再停止禁止時間 t_p を設定する。

【 0 0 8 1 】

図 1 3 は、推定流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、再停止禁止時間 t_p との関係を示すマップの一例である。

30

【 0 0 8 2 】

車両がアイドルストップとなり、燃料電池スタック 2 の発電運転が停止すると、カソードからアノードへとクロスリークする窒素や酸素の影響で、流路内最低アノードガスは低下する。このような状況でアイドルストップ（燃料電池スタック 2 の発電運転の停止）を繰り返すと、流路内最低アノードガスはどんどん低下していく。このため、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} と、アイドルストップから復帰（燃料電池スタック 2 の発電運転を再開）した後に、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を所定濃度まで上昇させるために必要な時間との関係を実験等により予め求めておく。そして、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を所定濃度まで上昇させるために必要な時間を、燃料電池スタック 2 の発電運転を再度停止するまでの再停止禁止時間 t_p とする。これにより、燃料電池スタック 2 の発電運転の停止を繰り返し行うことで、流路内最低アノードガス C_{min} が低下し続けることを防ぐことができる。

40

【 0 0 8 3 】

図 1 2 に示すフローチャートのステップ S 6 0 の後に進むステップ S 2 1 0 では、ステップ S 2 0 0 で設定した再停止禁止時間 t_p を経過したか否かを判定する。再停止禁止時間 t_p を経過していないと判定すると、ステップ S 6 0 で待機し、再停止禁止時間 t_p を経過したと判定すると、ステップ S 1 0 に戻る。これにより、再停止禁止時間 t_p が経過しなければ、燃料電池スタック 2 が発電運転を停止することはできない。

【 0 0 8 4 】

50

以上、第3の実施形態における燃料電池システムによれば、局所的にアノードガス濃度が低くなっている位置のアノードガス濃度が低いほど、燃料電池の発電運転を再開したのちに再度発電運転を停止するまでの再停止禁止時間を長く設定する。これにより、発電運転の停止中にアノードガス濃度が低下し続けるのを防ぐことができるので、発電運転停止中におけるカソード触媒の劣化を抑制することができ、また、運転再開後の出力応答性の低下を防ぐことができる。

【0085】

- 第4の実施形態 -

図14は、第4の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。図6に示すフローチャートの処理と同一の処理を行うステップについては、同一の符号を付して、詳しい説明は省略する。

10

【0086】

ステップS20では、燃料電池スタック2の発電運転の停止要求があったか否かを判定する。停止要求がなければステップS20に戻り、停止要求があったと判定すると、ステップS310に進む。

【0087】

ステップS310では、直前のアノード圧低下量 P_a を算出する。直前のアノード圧低下量 P_a とは、下げ過渡運転に入る直前のアノード圧と、現在のアノード圧との差圧である。

20

【0088】

ステップS320では、ステップS310で算出したアノード圧低下量 P_a に基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を設定する。以下では、アノード圧低下量 P_a と、次の燃料電池スタック2の発電運転の再開時に、燃料電池スタック2の出力が低下する量のシステム許容量とに基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を算出する方法と、アノード圧低下量 P_a と、燃料電池スタック2の発電運転の停止中に、カソード触媒が劣化する量の許容量とに基づいて、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を算出する方法について説明する。

【0089】

図15は、アノード圧低下量 P_a と、発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量と、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s との関係を示すマップの一例である。図15に示すように、アノード圧低下量 P_a が大きいほど、また、発電運転再開時における燃料電池スタック2の許容出力低下量が小さいほど、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を短くする。

30

【0090】

図16は、アノード圧低下量 P_a と、燃料スタック2の発電運転停止中におけるカソード触媒の許容劣化量と、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s との関係を示すマップの一例である。図16に示すように、アノード圧低下量 P_a が大きいほど、また、燃料スタック2の発電運転停止中におけるカソード触媒の許容劣化量が小さいほど、燃料電池スタック2の発電運転の停止時間 t_s を短くする。

40

【0091】

以上、第4の実施形態における燃料電池システムによれば、燃料電池の発電運転を停止させる直前のアノード系内の圧力低下量を求め、アノード系内の圧力低下量に応じて、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を設定する。これにより、アノードガス非循環型の燃料電池システムにおいて、発電領域内で局所的に低くなっているアノードガス濃度を考慮（推定）して、燃料電池の停止再始動運転の実行条件を適切に設定することができる。従って、発電運転停止中におけるカソード触媒の劣化を抑制することができ、また、運転再開後の出力応答性の低下を防ぐことができる。

【0092】

- 第5の実施形態 -

50

図17は、第5の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。図10、図14に示すフローチャートの処理と同一の処理を行うステップについては、同一の符号を付して、詳しい説明は省略する。

【0093】

ステップS20で燃料電池スタック2の発電運転の停止要求があったと判定すると、ステップS310に進み、直前のアノード圧低下量 P_a を算出する。

【0094】

ステップS400では、ステップS310で算出したアノード圧低下量 P_a に基づいて、停止状態における燃料電池スタック2の発電運転再開時のバッテリアシスト量 B_a を設定する。

10

【0095】

図18は、アノード圧低下量 P_a とバッテリアシスト量 B_a との関係を示すマップの一例である。予め、アノード圧低下量 P_a と、停止状態における燃料電池スタック2の発電運転再開時の出力低下量との関係を実験等により求めておき、発電運転再開時の燃料電池スタック2の出力低下量をバッテリアシスト量 B_a として設定する。図18に示すように、アノード圧低下量 P_a が小さいほど、バッテリアシスト量 B_a を小さくする。

【0096】

以上、第5の実施形態における燃料電池システムによれば、燃料電池の発電運転を停止させる直前のアノード系内の圧力低下量を求め、求めたアノード系内の圧力低下量が大きいほど、燃料電池の発電運転再開時におけるバッテリアシスト量を大きくするので、システム全体としての出力応答性の低下を抑制することができる。

20

【0097】

- 第6の実施形態 -

図19は、第6の実施形態における燃料電池システムによって行われる、燃料電池スタック2の停止・再始動運転の実行条件を設定する処理を示すフローチャートである。図12、図14に示すフローチャートの処理と同一の処理を行うステップについては、同一の符号を付して、詳しい説明は省略する。

【0098】

ステップS20で燃料電池スタック2の発電運転の停止要求があったと判定すると、ステップS310に進み、直前のアノード圧低下量 P_a を算出する。

30

【0099】

ステップS500では、ステップS310で算出したアノード圧低下量 P_a に基づいて、燃料電池スタック2の発電運転を再開した後、発電運転を再度停止するまでの再停止禁止時間 t_p を設定する。

【0100】

図20は、アノード圧低下量 P_a と、再停止禁止時間 t_p との関係を示すマップの一例である。

【0101】

車両がアイドルストップとなり、燃料電池スタック2の発電運転が停止すると、カソードからアノードへとクロスリークする窒素や酸素の影響で、流路内最低アノードガスは低下する。このような状況でアイドルストップ（燃料電池スタック2の発電運転の停止）を繰り返すと、流路内最低アノードガスはどんどん低下していく。このため、アノード圧低下量 P_a と、アイドルストップから復帰（燃料電池スタック2の発電運転を再開）した後、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を所定濃度まで上昇させるために必要な時間との関係を実験等により予め求めておく。そして、流路内最低アノードガス濃度 C_{min} を所定濃度まで上昇させるために必要な時間を、燃料電池スタック2の発電運転を再度停止するまでの再停止禁止時間 t_p とする。これにより、燃料電池スタック2の発電運転の停止を繰り返し行うことで、流路内最低アノードガス C_{min} が低下し続けることを防ぐことができる。

40

50

【0102】

以上、第6の実施形態における燃料電池システムによれば、燃料電池の発電運転を停止させる直前のアノード系内の圧力低下量を求め、求めたアノード系内の圧力低下量が大きいほど、燃料電池の発電運転を再開したのちに再度発電運転を停止するまでの再停止禁止時間を長く設定する。これにより、発電運転の停止中にアノードガス濃度が低下し続けるのを防ぐことができるので、発電運転停止中におけるカソード触媒の劣化を抑制することができ、また、運転再開後の出力応答性の低下を防ぐことができる。

【0103】

本発明は、上述した実施形態に限定されることはない。例えば、燃料電池システムを車両に搭載した例を挙げて説明したが、車両以外の様々なものに適用することもできる。

10

【0104】

流路内最低アノードガス濃度 C_{min} は、アノード圧低下量 P と、下げ過渡前バッファ濃度 C_{buff_pre} に基づいて、推定するようにしたが、アノードガス濃度を検出するセンサを複数設けて、最低アノードガス濃度を検出するようにしてもよい。また、実験等によって、アノードガス濃度が最低となる位置を予め求めておいて、その位置にアノードガス濃度を検出するセンサを設けるようにしてもよい。

【0105】

上述した各実施形態における制御は、適宜組み合わせることができる。

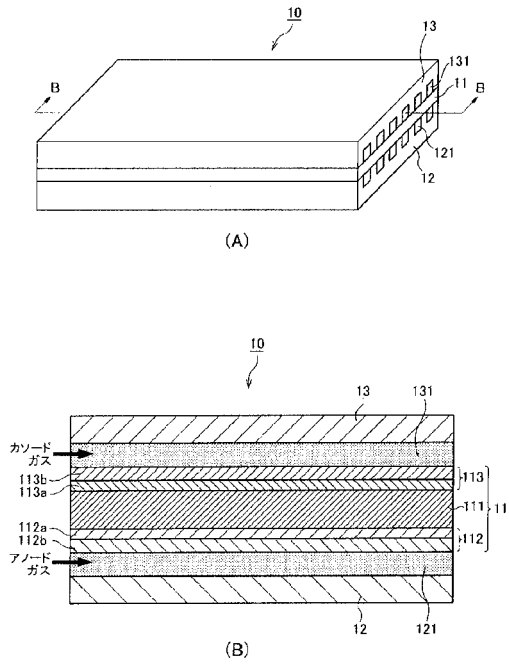
【符号の説明】

【0106】

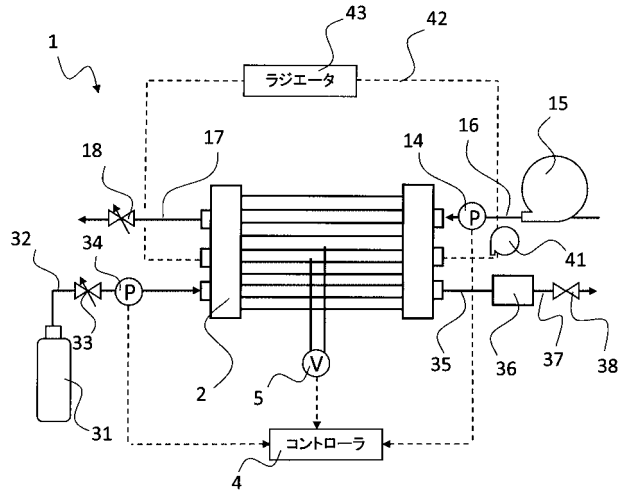
- 1 ... 燃料電池システム
- 2 ... 燃料電池スタック
- 4 ... コントローラ（脈動運転制御手段、停止再始動制御手段、アノードガス濃度取得手段、実行条件設定手段）
- 33 ... 圧力調整弁
- 36 ... バッファタンク（バッファ部）

20

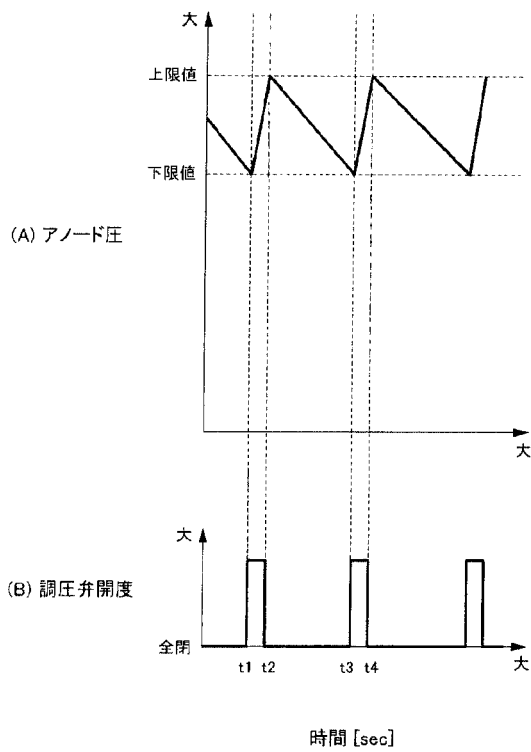
【図1】



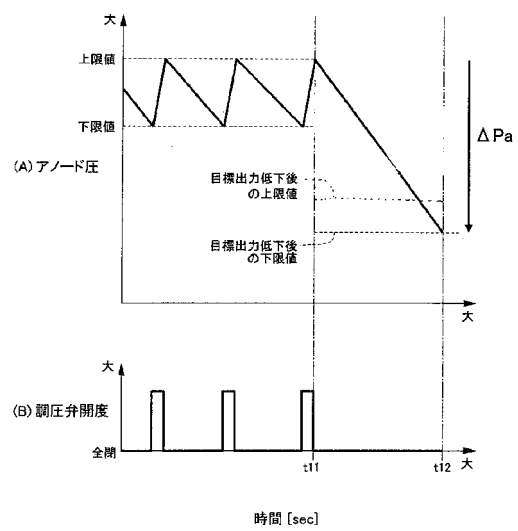
【図2】



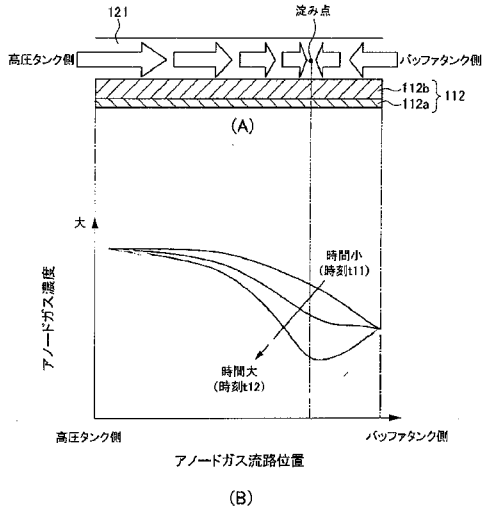
【図3】



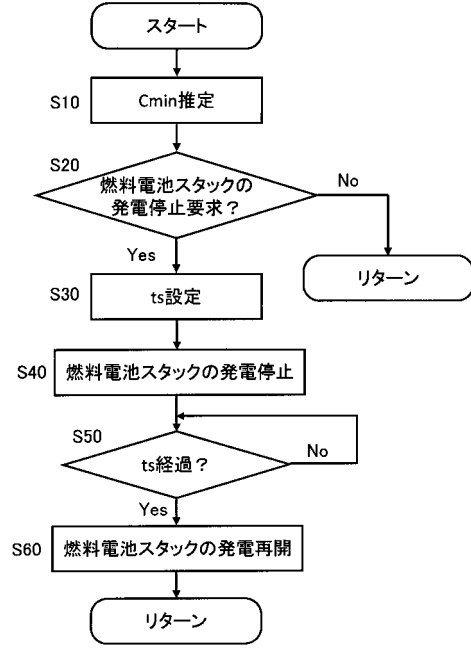
【図4】



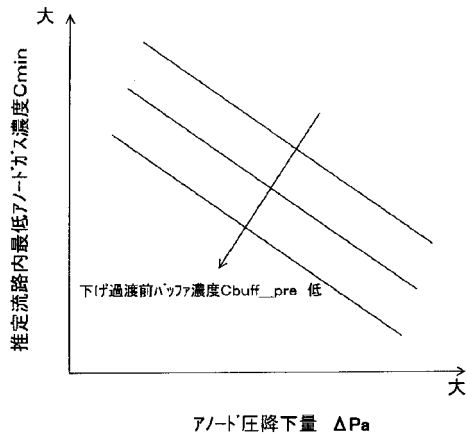
【 図 5 】



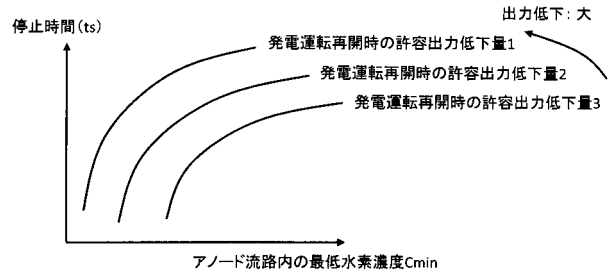
【 図 6 】



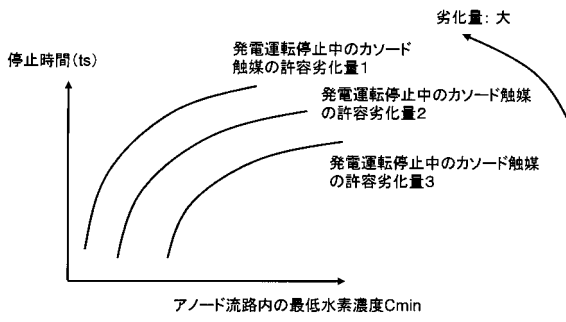
【 図 7 】



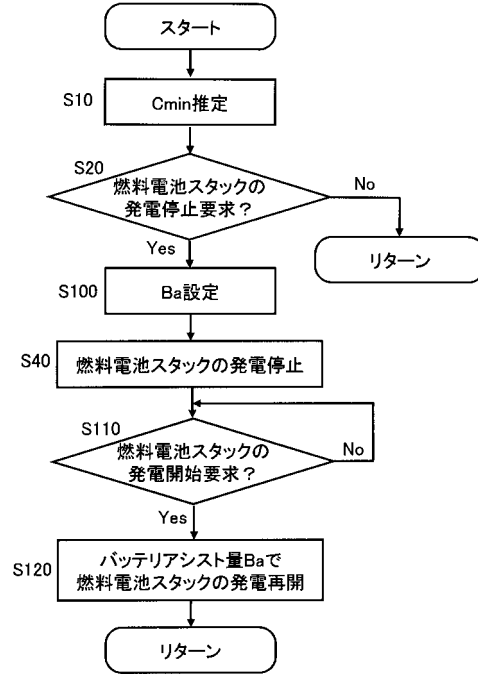
【 図 8 】



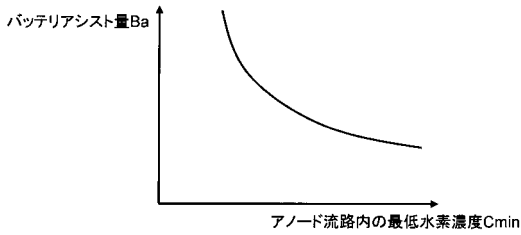
【 図 9 】



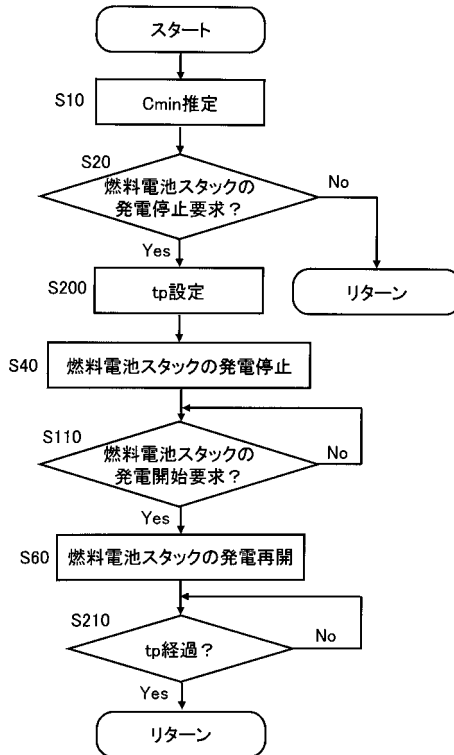
【 図 1 0 】



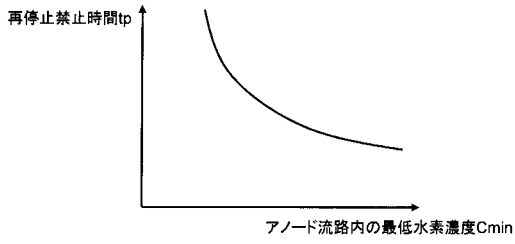
【 図 1 1 】



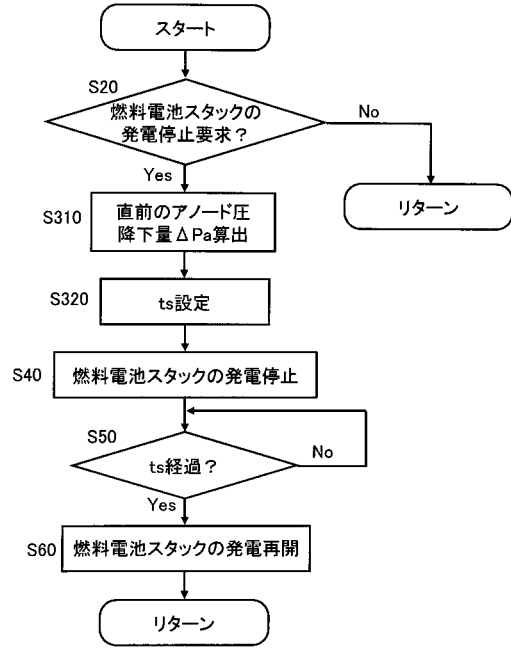
【 図 1 2 】



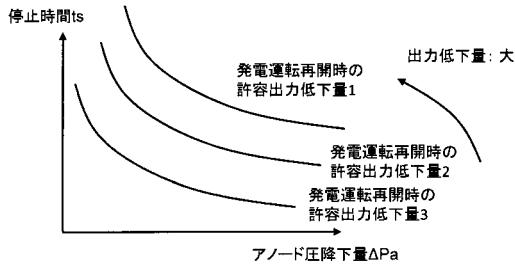
【 図 1 3 】



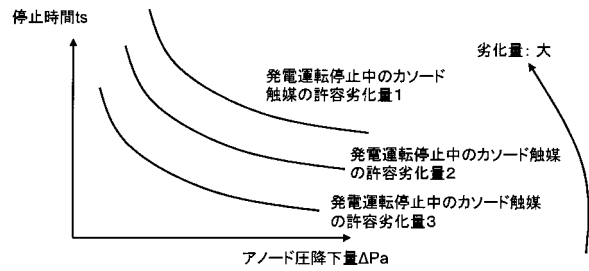
【 図 1 4 】



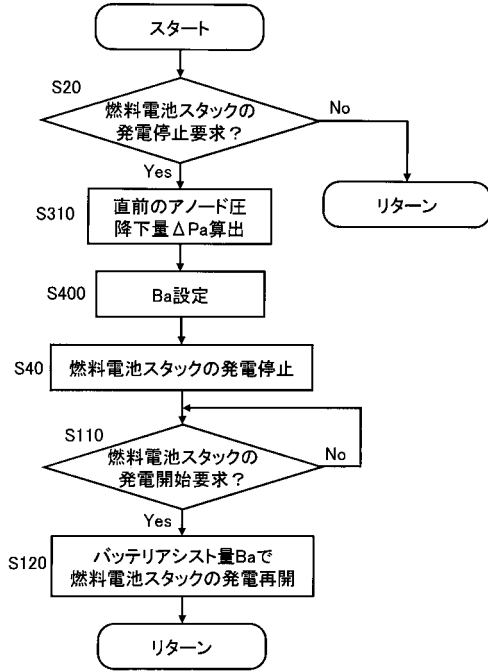
【 図 1 5 】



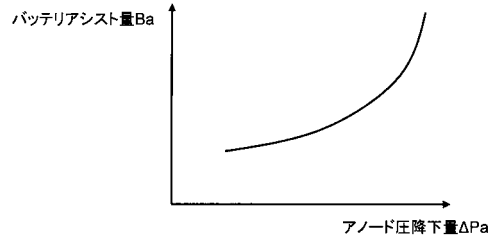
【 図 1 6 】



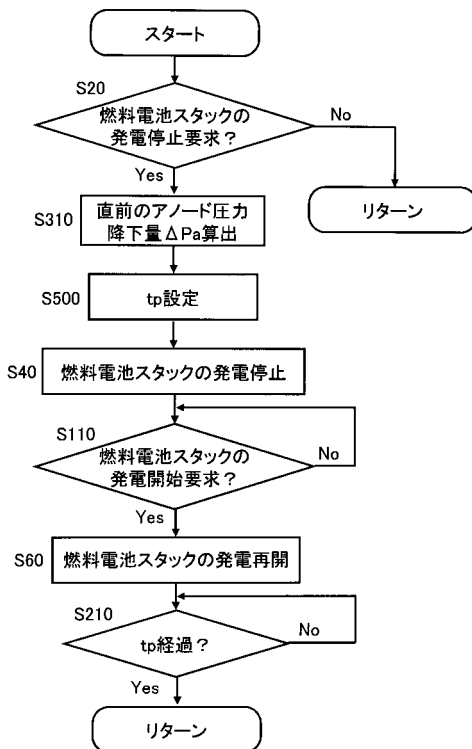
【 図 1 7 】



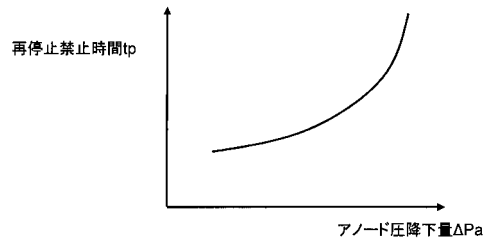
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 M 8/00 A

- (72)発明者 市川 靖
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
- (72)発明者 藤井 隆宏
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 宮崎 真一
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 岩崎 大剛
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
- Fターム(参考) 5H027 AA02 DD03 KK05 KK31 MM08