

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6187431号
(P6187431)

(45) 発行日 平成29年8月30日 (2017. 8. 30)

(24) 登録日 平成29年8月10日 (2017. 8. 10)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 8/04 (2016. 01)

H O 1 M 8/04 J

H O 1 M 8/06 (2016. 01)

H O 1 M 8/06 W

H O 1 M 8/10 (2016. 01)

H O 1 M 8/10

B 6 O L 11/18 (2006. 01)

B 6 O L 11/18 G

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-231194 (P2014-231194)
 (22) 出願日 平成26年11月14日 (2014. 11. 14)
 (65) 公開番号 特開2016-95999 (P2016-95999A)
 (43) 公開日 平成28年5月26日 (2016. 5. 26)
 審査請求日 平成28年2月12日 (2016. 2. 12)

(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 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 山本 和男
 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 今西 啓之
 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 橋本 敏行

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】

燃料電池システムであって、
 燃料電池と、
 前記燃料電池にアノードガスを供給するアノードガス供給流路と、
 前記燃料電池からアノードオフガスを排出するアノードガス排出流路と、
 前記アノードガス供給流路と前記アノードガス排出流路とを接続するアノードガス循環流路と、
 前記アノードガス循環流路に設けられ、前記アノードガス供給流路に供給する前記アノードオフガスの循環流量を調節可能な前記アノードオフガスを前記アノードガス供給流路に供給する循環デバイスと、
 前記循環デバイスに水分が滞留する場合は、前記循環デバイスの循環流量を制御して前記循環デバイスに滞留する水分を前記循環デバイスから排出する制御部と、
 を備え、
 前記制御部は、
 前記循環デバイスに滞留する水分量が所定値以上と判断された場合に、前記循環デバイスに滞留する水分を排出するために上昇させる前記循環デバイスの循環流量の上昇率を制限する、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であって

10

20

前記制御部は、前記循環デバイスに滞留する水分を排出可能な循環流量における可能排水量と、前記循環デバイスに滞留する水分を排出不可な循環流量において前記循環デバイスに滞留する水分量との関係に基づいて、前記循環デバイスに滞留する水分量を推定することにより、前記循環デバイスに滞留する水分量が前記所定値以上となるか否か判断する、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であって、

前記制御部は、前記循環流量を所定量以上に上昇させて前記循環デバイスに滞留する水分を前記循環デバイスから排出する場合には、前記循環デバイスによる前記循環流量の上昇率の制限を行なわない、燃料電池システム。

10

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の燃料電池システムであって、

前記循環デバイスは循環ポンプであり、

前記制御部は、前記循環流量に対応する前記循環ポンプの回転数の上昇率を制限することにより、前記循環流量の上昇率を制限する、燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムに関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来の燃料電池システムとして、燃料ガス（水素）を燃料電池（燃料電池スタック）のアノードに供給する燃料ガス供給系に対して、燃料電池のアノードで消費されなかった燃料ガスを燃料ガス循環系に有する循環ポンプを介して燃料ガス供給系に循環させる燃料電池システムが開発されている。そして、この燃料ガス循環系を有する燃料電池システムの例として、特許文献 1 には、燃料ガス循環系の配管内壁に凝縮した液水を、循環ポンプの回転数を上昇させて排水させることにより、循環ポンプに対して過剰な液水が流入する可能性を低減することが開示されている。また、特許文献 2 には、循環ポンプ（水素ポンプ）の駆動に伴う音を、コンプレッサまたは燃料電池の負荷となるモータの駆動に伴う音によってマスクすることが開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 115460 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 171770 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、例えば、低負荷での発電が長く継続する等、低負荷での燃料電池システムの運転が長く継続する場合、低回転での循環ポンプの動作が長く継続することになると、燃料電池の内部や、燃料ガス循環系、特に、気液分離器の出口から循環ポンプの吸入口までの部位に液水が滞留する場合がある。例えば、燃料電池と循環ポンプとの温度差による結露や、気液分離器内から循環ポンプが吸い上げること等によって、液水が滞留する場合がある。この滞留水の量が所定量を超えると、循環ポンプを高回転させる際に滞留水の循環ポンプへの噛み込みが発生し、循環ポンプの駆動に伴う音として異音の発生や大音量化等（以下、「異音等」とも呼ぶ）を招き、使用者への不快感や違和感、故障の心配等を与える、という課題がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の

50

形態として実現することが可能である。

本発明の一形態の燃料電池システムは、燃料電池と；前記燃料電池にアノードガスを供給するアノードガス供給流路と；前記燃料電池からアノードオフガスを排出するアノードガス排出流路と；前記アノードガス供給流路と前記アノードガス排出流路とを接続するアノードガス循環流路と；前記アノードガス循環流路に設けられ、前記アノードガス供給流路に供給する前記アノードオフガスの循環流量を調節可能な前記アノードオフガスを前記アノードガス供給流路に供給する循環デバイスと；前記循環デバイスに水分が滞留する場合は、前記循環デバイスの循環流量を制御して前記循環デバイスに滞留する水分を前記循環デバイスから排出する制御部と；を備える。前記制御部は、前記循環デバイスに滞留する水分量が所定値以上と判断された場合に、前記循環デバイスに滞留する水分を排出するために上昇させる前記循環デバイスの循環流量の上昇率を制限する。

10

この形態の燃料電池システムによれば、循環デバイスの循環流量をゆっくり上昇させることができ、アノードガス循環流路に滞留する水分が循環デバイスの内部に吸い込まれることを抑制することが可能であり、アノードガス循環流路に滞留する水分が循環デバイスの内部に吸い込まれたとしても、循環デバイスの作動音として異音等が発生することを抑制することが可能である。

上記形態の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記循環デバイスに滞留する水分を排出可能な循環流量における可能排水量と、前記循環デバイスに滞留する水分を排出不可な循環流量において前記循環デバイスに滞留する水分量との関係に基づいて、前記循環デバイスに滞留する水分量を推定することにより、前記循環デバイスに滞留する水分量が前記所定値以上となるか否か判断するとしてもよい。

20

この形態の燃料電池システムによれば、循環デバイスに滞留する水分量を容易に推定することができ、循環デバイスに滞留する水分量が所定値以上となるか否か容易に判断することが可能である。

上記形態の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記循環流量を所定量以上に上昇させて前記循環デバイスに滞留する水分を前記循環デバイスから排出する場合には、前記循環デバイスによる前記循環流量の上昇率の制限を行なわないとしてもよい。

この形態の燃料電池システムによれば、所定量以上の循環流量とする場合、例えば、燃料電池に要求される発電量（出力電流量）が多く、アノードオフガスの循環流量の素早い増加が優先される状態において、循環流量の素早い増加が可能である。

30

その他、本発明は、以下の形態としても実現することが可能である。

【 0 0 0 6 】

（１）本発明の一形態によれば、燃料電池システムが提供される。この燃料電池システムは、燃料電池と；前記燃料電池にアノードガスを供給するアノードガス供給流路と；前記燃料電池からアノードオフガスを排出するアノードガス排出流路と；前記アノードガス供給流路と前記アノードガス排出流路とを接続するアノードガス循環流路と；前記アノードガス循環流路に設けられ、前記アノードオフガスを前記アノードガス供給流路に供給する循環デバイスと；前記循環デバイスに水分が滞留する場合は、前記循環デバイスの循環流量を制御して前記水分を排出する制御部と；を備える。前記制御部は、前記循環デバイスに滞留する水分量が所定値以上と判断された場合に、前記循環デバイスの循環流量の上昇率を制限する。

40

この形態の燃料電池システムによれば、循環デバイスの循環流量をゆっくり上昇させることができ、アノードガス循環流路に滞留する水分が循環デバイスの内部に吸い込まれることを抑制することが可能であり、アノードガス循環流路に滞留する水分が循環デバイスの内部に吸い込まれたとしても、循環デバイスの作動音として異音等が発生することを抑制することが可能である。

【 0 0 0 7 】

（２）上記形態の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記水分を排出可能な循環流量における可能排水量と、前記水分を排出不可な循環流量において滞留する水分量との関係に基づいて、前記循環デバイスに滞留する水分量を推定することにより、前記滞留す

50

る水分量が所定値以上となるか否か判断するとしてもよい。

この形態の燃料電池システムによれば、循環デバイスに滞留する水分量を容易に推定することができ、滞留する水分量が所定値以上となるか否か容易に判断することが可能である。

【 0 0 0 8 】

(3) 上記形態の燃料電池システムにおいて、前記制御部は、前記循環流量を所定量以上に上昇させて前記水分を排出する場合には、前記循環デバイスによる前記循環流量の上昇率の制限を行なわないとしてもよい。

この形態の燃料電池システムによれば、例えば、所定量以上の循環流量とする場合、例えば、燃料電池に要求される発電量（出力電流量）が多く、アノードオフガスの循環流量の素早い増加が優先される状態において、循環流量の素早い増加が可能である。

10

【 0 0 0 9 】

(4) 上記形態の燃料電池システムにおいて、前記循環デバイスは循環ポンプであり、前記制御部は、前記循環流量に対応する前記循環ポンプの回転数の上昇率を制限することにより、前記循環流量の上昇率を制限するとしてもよい。

【 0 0 1 0 】

本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、燃料電池システム、燃料電池システムの制御方法等の種々の形態で実現することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

20

【 図 1 】 本発明の一実施形態としての燃料電池システムの構成を示す概略図である。

【 図 2 】 アノードガス循環系の水素循環用ポンプ及び気液分離部を拡大して示す説明図である。

【 図 3 】 水素循環用ポンプの回転数を上昇させる際の上昇レートを設定する処理について示すフローチャートである。

【 図 4 】 水噴み音の有無の判定の基本的な手法を示す説明図である。

【 図 5 】 排水継続時間と滞留継続時間の関係に基づく水噴み音の判定について示す説明図である。

【 図 6 】 水噴み音判定の具体例を示すフローチャートである。

【 図 7 】 初期値マップの例を示す説明図である。

30

【 図 8 】 判定閾値マップの例を示す説明図である。

【 図 9 】 水噴み判定および上昇レートの設定の具体例について示すタイムチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

A . 実施形態 :

図 1 は、本発明の一実施形態としての燃料電池システム 1 0 0 の構成を示す概略図である。本実施形態において、燃料電池システム 1 0 0 は車両（「燃料電池車両」とも呼ぶ）に搭載されている。燃料電池システム 1 0 0 は、車両の運転者からのアクセル（不図示）による要求（以下、「アクセル位置」とも呼ぶ）に応じて、車両の動力源となる電力を出力する。

40

【 0 0 1 3 】

燃料電池システム 1 0 0 は、燃料電池 1 0 と、制御部 2 0 と、カソードガス供給系 3 0 と、カソードガス排出系 4 0 と、アノードガス供給系 5 0 と、アノードガス循環系 6 0 と、冷媒循環系 7 0 と、電力充放電系 8 0 とを備える。

【 0 0 1 4 】

燃料電池 1 0 は、燃料ガス（「アノードガス」とも呼ぶ）としての水素と酸化ガス（「カソードガス」とも呼ぶ）としての空気（厳密には酸素）の供給を受けて発電する固体高分子形燃料電池である。以下、アノードガスとカソードガスをまとめて「反応ガス」とも呼ぶ。燃料電池 1 0 は、複数の単セル 1 1 が積層されたスタック構造を有する。本実施

50

形態において、燃料電池 10 は、いわゆるカウンタフロー型の燃料電池であり、アノードガスとカソードガスが対抗して逆向きに流れる。通常、燃料電池 10 は、各単セル 11 の面に沿って、アノードガスが上側から下側を向いて流れ、カソードガスが下側から上側を向いて流れるように配置される。なお、燃料電池 10 には、反応ガスや冷媒のためのマニホールドが積層方向に沿った貫通孔として形成されるが、図示は省略する。

【0015】

単セル 11 は、図示は省略するが、基本的に、発電体としての膜電極接合体 (MEA: Membrane-Electrode Assembly) を、セパレータで挟持した構成を有している。MEA は、イオン交換膜からなる固体高分子型電解質膜 (単に「電解質膜」とも呼ぶ) と、電解質膜のアノード側の面上に形成された触媒層及びガス拡散層からなるアノードと、電解質膜のカソード側の面上に形成された触媒層及びガス拡散層からなるカソードと、で構成される。また、セパレータとガス拡散層に接する面には、アノードガスやカソードガスを流す溝状のガス流路が形成されている。ただし、セパレータとガス拡散層との間に、ガス流路部が別途設けられる場合もある。

10

【0016】

制御部 20 は、以下に説明するカソードガス供給系 30 と、カソードガス排出系 40 と、アノードガス供給系 50 と、アノードガス循環系 60 と、冷媒循環系 70 とを制御して、システムに対する外部からの出力要求に応じた電力を燃料電池 10 に発電させる制御装置である。制御部 20 は、例えば、CPU、ROM、RAM 等を含むマイクロコンピュータを用いて、各種制御に対応するソフトウェアを実行し、全体制御部や、カソードガス供給系 30 及びカソードガス排出系 40 を制御するカソードガス制御部、アノードガス供給系 50 及びアノードガス循環系 60 を制御するアノードガス制御部、冷媒循環系 70 を制御する冷媒制御部等を、ソフトウェア的な構成で実現することができる。

20

【0017】

カソードガス供給系 30 は、カソードガス配管 31 と、エアコンプレッサ 32 と、エアフロメータ 33 と、開閉弁 34 と、圧力計測部 35 とを備える。カソードガス配管 31 は、燃料電池 10 のカソード側の供給用マニホールドに接続された配管である。

【0018】

エアコンプレッサ 32 は、カソードガス配管 31 を介して燃料電池 10 と接続されている。エアコンプレッサ 32 は、外気を取り込んで圧縮した空気を、カソードガスとして燃料電池 10 に供給する。エアフロメータ 33 は、エアコンプレッサ 32 の上流側において、エアコンプレッサ 32 が取り込む外気の量を計測し、制御部 20 に送信する。制御部 20 は、この計測値に基づいて、エアコンプレッサ 32 を駆動することにより、燃料電池 10 に対する空気の供給量を制御する。

30

【0019】

開閉弁 34 は、エアコンプレッサ 32 と燃料電池 10 との間に設けられている。開閉弁 34 は、通常、閉じた状態であり、エアコンプレッサ 32 から所定の圧力を有する空気がカソードガス配管 31 に供給されたときに開く。圧力計測部 35 は、エアコンプレッサ 32 から供給される空気の圧力を、燃料電池 10 のカソード側の供給用マニホールドの入口近傍において計測し、制御部 20 に出力する。

40

【0020】

カソードガス排出系 40 は、カソード排ガス配管 41 と、調圧弁 43 と、圧力計測部 44 とを備える。カソード排ガス配管 41 は、燃料電池 10 のカソード側の排出用マニホールドに接続された配管である。カソード排ガス (「カソードオフガス」とも呼ぶ) は、カソード排ガス配管 41 を介して、燃料電池システム 100 の外部へと排出される。

【0021】

調圧弁 43 は、制御部 20 によって、その開度が制御されており、カソード排ガス配管 41 におけるカソード排ガスの圧力 (燃料電池 10 のカソード側の背圧) を調整する。圧力計測部 44 は、調圧弁 43 の上流側に設けられており、カソード排ガスの圧力を計測し、その計測結果を制御部 20 に出力する。制御部 20 は、圧力計測部 44 の計測値に基づ

50

いて、調圧弁 43 の開度を調整することにより、燃料電池 10 に供給する空気の圧力を制御する。

【0022】

アノードガス供給系 50 は、アノードガス配管 51 と、水素タンク 52 と、開閉弁 53 と、レギュレータ 54 と、水素供給装置 55 と、圧力計測部 56 とを備える。水素タンク 52 は、アノードガス配管 51 を介して燃料電池 10 のアノード側の供給用マニホールド（図示は省略）の入口と接続されており、タンク内に充填された水素を燃料電池 10 に供給する。なお、アノードガス配管 51 が本発明の「アノードガス供給流路」に相当する。

【0023】

開閉弁 53 と、レギュレータ 54 と、水素供給装置 55 と、圧力計測部 56 とは、アノードガス配管 51 に、この順序で、上流側（水素タンク 52 側）から設けられている。開閉弁 53 は、制御部 20 からの指令により開閉し、水素タンク 52 から水素供給装置 55 の上流側への水素の流入を制御する。レギュレータ 54 は、水素供給装置 55 の上流側における水素の圧力を調整するための減圧弁であり、その開度が制御部 20 によって制御される。

10

【0024】

水素供給装置 55 は、例えば、電磁駆動式の開閉弁であるインジェクタによって構成することができる。圧力計測部 56 は、水素供給装置 55 の下流側の水素の圧力を計測し、制御部 20 に送信する。制御部 20 は、圧力計測部 56 の計測値に基づき、水素供給装置 55 を制御することによって、燃料電池 10 に供給される水素の流量を制御する。

20

【0025】

アノードガス循環系 60 は、アノード排ガス配管 61 と、気液分離部 62 と、アノードガス循環配管 63 と、水素循環用ポンプ 64 と、アノード排水配管 65 と、排水弁 66 と、圧力計測部 67 と、温度計測部 68 とを備える。アノードガス循環系 60 は、発電反応に用いられることなく燃料電池 10 のアノードから排出される未反応ガス（水素や窒素など）や排水を含むアノード排ガス（「アノードオフガス」とも呼ぶ）の循環および排出を行う。

【0026】

アノード排ガス配管 61 は、気液分離部 62 と燃料電池 10 のアノード側排出用マニホールド（図示は省略）の出口とを接続する配管である。気液分離部 62 は、アノードガス循環配管 63 とアノード排水配管 65 とに接続されている。気液分離部 62 は、アノード排ガスに含まれる気体成分と水分とを分離し、気体成分については、アノードガス循環配管 63 へと誘導し、水分についてはアノード排水配管 65 へと誘導する。なお、アノード排ガス配管 61 が本発明の「アノードガス排出流路」に相当する。

30

【0027】

アノードガス循環配管 63 は、アノードガス配管 51 の水素供給装置 55 より下流に接続されている。アノードガス循環配管 63 には、水素循環用ポンプ 64 が設けられている。気液分離部 62 において分離された気体成分に含まれる水素は、水素循環用ポンプ 64 によってアノードガス配管 51 へと送り出され、アノードガスとして再利用される。なお、アノードガス循環配管 63 が本発明の「アノードガス循環流路」に相当する。また、水素循環用ポンプ 64 が本発明の「循環デバイス」に相当する。

40

【0028】

アノード排水配管 65 は、気液分離部 62 において分離された水分を燃料電池システム 100 の外部へと排出するための配管である。アノード排水配管 65 には、排水弁 66 が設けられている。制御部 20 は、通常は、排水弁 66 を閉じておき、予め設定された所定の排水タイミングや、アノード排ガス中の不活性ガスの排出タイミングで排水弁 66 を開く。

【0029】

アノードガス循環系 60 の圧力計測部 67 は、アノード排ガス配管 61 に設けられている。圧力計測部 67 は、燃料電池 10 の水素マニホールドの出口近傍において、アノード

50

排ガスの圧力（燃料電池 10 のアノード側の背圧）を計測し、制御部 20 に送信する。制御部 20 は、アノードガス循環系 60 の圧力計測部 67 の計測値や、前述したアノードガス供給系 50 の圧力計測部 56 の計測値に基づいて燃料電池 10 に対する水素の供給を制御する。

【0030】

また、アノードガス循環系 60 の温度計測部 68 は、外気の温度として、アノードガス循環系 60 の周辺温度、特に、水素循環用ポンプ 64 の周辺温度（外気温）を計測し、制御部 20 に送信する。制御部 20 は、温度計測部 68 の計測値に基づいて、後述するように、水素循環用ポンプ 64 の回転数を制御する。

【0031】

冷媒循環系 70 は、上流側配管 71a と、下流側配管 71b と、ラジエータ 72 と、冷媒循環用ポンプ 75 と、上流側温度センサ 76a と、下流側温度センサ 76b とを備える。上流側配管 71a と下流側配管 71b とはそれぞれ、燃料電池 10 を冷却するための冷媒を循環させる冷媒用配管である。上流側配管 71a は、ラジエータ 72 の入口と燃料電池 10 の冷媒用排出用マニホールド（図示は省略）の出口とを接続する。下流側配管 71b は、ラジエータ 72 の出口と燃料電池 10 の冷媒用供給用マニホールド（図示は省略）の入口とを接続する。

【0032】

ラジエータ 72 は、冷媒用配管 71 を流れる冷媒と外気との間で熱交換させることにより冷媒を冷却する。冷媒循環用ポンプ 75 は、下流側配管 71b の途中に設けられ、ラジエータ 72 において冷却された冷媒を燃料電池 10 に送り出す。上流側温度センサ 76a は上流側配管 71a に設けられており、下流側温度センサ 76b は下流側配管 71b に設けられている。上流側温度センサ 76a と下流側温度センサ 76b はそれぞれ、計測した冷媒の温度を制御部 20 へ送信する。制御部 20 は、上流側温度センサ 76a と下流側温度センサ 76b の計測値（冷媒の温度）に基づいて、ラジエータ 72 の動作を制御する。

【0033】

電力充放電系 80 は、負荷装置としての駆動モータ 82 と、インバータ（INV）84 と、二次電池 86 と、DC/DC コンバータ 88 とを備える。燃料電池 10 は直流配線 DCL を介してインバータ 84 に電氣的に接続されており、二次電池 86 は DC/DC コンバータ 88 を介して直流配線 DCL に電氣的に接続されている。

【0034】

二次電池 86 は、燃料電池 10 の出力電力や、駆動モータ 82 の回生電力によって充電され、燃料電池 10 とともに電力源として機能する。二次電池 86 は、例えばリチウムイオン電池で構成することができる。

【0035】

DC/DC コンバータ 88 は、制御部 20 の指令に基づいて、燃料電池 10 の電流・電圧を制御するとともに、二次電池 86 の充・放電を制御し、直流配線 DCL の電圧レベルを可変に調整する。インバータ 84 は、燃料電池 10 と二次電池 86 とから得られた直流電力を交流電力へと変換し、駆動モータ 82 に供給する。駆動モータ 82 はアクセル位置に対応してインバータ 84 から供給された電力に応じて、ギア等を介して接続された車輪 WL を駆動する。また、駆動モータ 82 によって回生電力が発生する場合には、インバータ 84 は、その回生電力を直流電力に変換し、DC/DC コンバータ 88 を介して二次電池 86 に充電する。

【0036】

以上説明した燃料電池システム 100 は、制御部 20 によって、カソードガス供給系 30 及びカソードガス排出系 40 や、アノードガス供給系 50 及びアノードガス循環系 60 、電力充放電系 80 が制御されて、アクセル位置に応じて、車両の動力源となる電力を燃料電池 10 から出力することができる。以下では、この燃料電池システム 100 の作動中において、アノードガス循環系 60 によるアノードガス（水素）の循環量を増加するために水素循環用ポンプ 64 の回転数を上昇させる際の処理について説明を加える。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

図 2 は、アノードガス循環系 6 0 の水素循環用ポンプ 6 4 及び気液分離部 6 2 を拡大して示す説明図である。燃料電池 1 0 の下部のアノード側の排出マニホールドの出口（不図示）に接続されたアノード排ガス配管 6 1 は、気液分離部 6 2 の下部に接続されている。気液分離部 6 2 の鉛直方向上部に接続された第 1 のアノードガス循環配管 6 3 a は、水素循環用ポンプ 6 4 の鉛直方向下部の吸入口 6 4 1 に接続されている。水素循環用ポンプ 6 4 の上部の送出口 6 4 4 に接続された第 2 のアノードガス循環配管 6 3 b は、アノードガス配管 5 1（不図示）に連結され、燃料電池 1 0 の上部のアノード側の供給用マニホールドの入口（不図示）に接続されている。すなわち、水素循環用ポンプ 6 4 は、下部の吸入口 6 4 1 から吸入された水素を上部の送出口 6 4 4 から送出する構造となるように配置されている。

10

【 0 0 3 8 】

上記水素循環用ポンプ 6 4 の配置構造の場合、低回転の状態が継続した場合に、気液分離部 6 2 から水素循環用ポンプ 6 4 までの部位、すなわち、第 1 のアノードガス循環配管 6 3 a および水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 に水分（「液水」あるいは単に「水」とも呼ぶ）が溜まり、水素循環用ポンプ 6 4 内部にまで溢れる場合がある。この滞留する水分（「滞留水」とも呼ぶ）は、主に以下のようにして発生する。燃料電池 1 0 の温度に対して水素循環用ポンプ 6 4 の温度が低い場合に、その温度差によって結露水が生じる。そして、水素循環用ポンプ 6 4 の回転数が低い場合、アノードガス循環配管 6 3 を流れる水素の循環流量は、その回転数に応じて少なくなり、発生した結露水を持ち上げて送出口 6 4 4 から排出することができなくなる。このため、水素循環用ポンプ 6 4 の下部、すなわち、第 1 のアノードガス循環配管 6 3 a および水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 に水分が滞留していくことになる。なお、この他、気液分離部 6 2 内に滞留した水分を水素循環用ポンプ 6 4 が吸い上げてしまうことや、燃料電池 1 0 から排出された水分が気液分離部 6 2 で分離されて貯まることなく、直接、水素循環用ポンプ 6 4 が吸い上げてしまうこと、水素循環用ポンプ 6 4 の送出口 6 4 4 側からの液垂れ等によっても発生し得る。

20

【 0 0 3 9 】

上記滞留水が多くなると、水素循環用ポンプ 6 4 の羽根車 6 4 2 , 6 4 3 に水の噛み込み（「水噛み」とも呼ぶ）が発生し、水素循環用ポンプ 6 4 の作動音が変化し、異音等の発生を招くことになる。そこで、本実施形態の燃料電池システム 1 0 0 では、以下で説明する処理を実行することにより異音等の発生を抑制する。

30

【 0 0 4 0 】

図 3 は、水素循環用ポンプ 6 4 の回転数を上昇させる際の上昇レートを設定する処理について示すフローチャートである。この上昇レート（上昇速度，上昇率）の設定は、制御装置 2 0 において、燃料電池 1 0 に供給する水素の流量を多くするとともに、アノードガス循環系 6 0 を流れるアノードオフガス（水素）の循環流量を多くするために、水素循環用ポンプ 6 4 の回転数（以下、「HP 回転数」とも呼ぶ）を上昇させる要求が発生した場合に、その要求に応じて HP 回転数を実際に上昇させる前に行われる。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 0 では、HP 回転数 R_{hp} の要求値 $R_{hp\ r\ q}$ （以下、「要求 HP 回転数」とも呼ぶ）が予め定めた第 1 の回転数 r_p ~ 第 2 の回転数 r_u の範囲内であるか判断される。要求 HP 回転数 $R_{hp\ q\ r}$ が第 1 の回転数 r_p よりも低い場合第 2 の回転数 r_u よりも高い場合には、ステップ S 3 0 において、回転数の上昇レートは、予め定めた通常レート $K_{r\ a\ t\ t}$ に設定され、設定された通常レート $K_{r\ a\ t\ t}$ に従って HP 回転数 R_{hp} の上昇が実行される。これに対して、要求 HP 回転数 $R_{hp\ r\ q}$ が第 1 の回転数 r_p ~ 第 2 の回転数 r_u の範囲内であった場合には、ステップ S 2 0 において、「水噛み音有り」と判定されているか否か判断される。これは、HP 回転数 R_{hp} の上昇要求が発生する前までに、後述する水噛み音判定において「水噛み音有り」と判定されて、水噛み音フラグが立っているか否かで判断される。「水噛み音有り」と判定されていない場合には、ステップ S 3 0 において、回転数の上昇レートは通常レート $K_{r\ a\ t\ t}$ に設定され、設定された

40

50

通常レート $K_{rat t}$ に従って $H P$ 回転数の上昇が実行される。これに対して、「水噛み音有り」と判定されていた場合には、ステップ $S 4 0$ において、回転数の上昇レートは、予め定めた低レート $K_{rat d} (< K_{rat t})$ に設定され、設定された低レート $K_{rat t}$ に従って $H P$ 回転数の上昇が実行される。すなわち、「水噛み音有り」と判定されていた場合には、 $H P$ 回転数の上昇が制限される。 $H P$ 回転数の上昇が制限される効果については、後述する。

【 0 0 4 2 】

第 1 の回転数 $r p$ は、上記滞留水を持ち上げて排出することが可能な循環流量に対応する回転数（以下、「排水可能回転数」とも呼ぶ）の下限値（以下、「排水可能回転数閾値」とも呼ぶ）である。第 2 の回転数 $r u$ は、燃料電池 10 に要求される発電量（出力電流量）が多く、水素の循環流量の素早い増加が優先される状態に対応する回転数である。なお、第 2 の回転数 $r u$ が本発明の「所定量以上の循環流量」に対応する回転数である。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、水噛み音の有無の判定の基本的な手法を示す説明図である。水噛み音の有無の判定は、基本的には、以下で説明する手法により行なうことができる。

【 0 0 4 4 】

まず、水素循環用ポンプ 6 4 の $H P$ 回転数 $R h p$ が排水可能回転数（排水可能回転数閾値 $r p$ 以上）の状態において、排出することができる水の量（以下、「可能排水量」とも呼ぶ） $V d$ を推定する（ステップ $S 5 0$ ）。次に、 $H P$ 回転数 $R h p$ が排水不可回転数（排水可能回転数閾値 $r p$ 未満）の状態において、滞留していく水分量（以下、「滞留水量」とも呼ぶ） $V r$ を推定する（ステップ $S 6 0$ ）。水素の循環流量が閾値（排水可能回転数閾値 $r p$ における循環流量）以上の場合に滞留水を排出可能であり、閾値未満の場合に排出不可となる。そして、閾値以上の循環流量の履歴（時間変化）に応じて可能排水量を算出可能であり、閾値未満の循環流量の履歴（時間変化）に応じて滞留水量を算出可能である。

【 0 0 4 5 】

そして、上記、滞留水量 $V r$ の推定とともに、可能排水量 $V d$ に対する滞留水量 $V r$ の収支計算を行なうことにより、水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 の滞留水量が予め定めた滞留水閾値 $V t h$ に達した際に、「水噛み音有り」と判定する（ステップ $S 7 0$ ）。そして、「水噛み音有り」と判定された場合には、次に、 $H P$ 回転数 $R h p$ を排水不可回転数の状態から排水可能回転数へ上昇させる際に、上記したように（図 3 参照）、「水噛み音有り」の判定がなされていたか否かに応じた上昇レートの設定が行われ、設定された上昇レートでの回転数の上昇が実行される。なお、滞留水閾値 $V t h$ は、判定のマーヅ等を考慮して、水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 の容量 $V p$ 未満の任意の値に設定される。本例では、図 2 に示すように、 $V t h = V p / 2$ に設定されているものとする。なお、滞留水閾値 $V t h$ が本発明の「滞留する水分量の所定値」に相当する。

【 0 0 4 6 】

ここで、可能排水量 $V d$ は次式（1）で表すことができ、滞留水量 $V r$ は次式（2）で表すことができる。

$$V d = k d \cdot t d \quad \dots (1)$$

$$V r = k r \cdot t r \quad \dots (2)$$

$k d$ は、例えば、排水可能回転数の $H P$ 回転数 $R h p$ に対応する循環流量、及び、温度計測部 6 8 で計測される水素循環用ポンプ 6 4 の周辺温度 $T r$ 、から推定される排水速度を表す定数である。 $t d$ は、排水可能回転数の回転数 $R h p$ の継続時間（「排水継続時間」とも呼ぶ）である。また、 $k r$ は、例えば、排水不可回転数の $H P$ 回転数 $R h p$ に対応する循環流量、及び、水素循環用ポンプ 6 4 の周辺温度 $T r$ 、から推定される滞留水速度を表す定数である。 $t r$ は、排水不可回転数の継続時間（「滞留継続時間」とも呼ぶ）である。なお、水素循環用ポンプ 6 4 の周辺温度 $T r$ は温度計測部 6 8（図 1）によって計測された温度である。

【 0 0 4 7 】

上式(1)、(2)から分かるように、排水継続時間 t_d と可能排水量 V_d 及び滞留継続時間 t_r と滞留水量 V_r は、それぞれ、比例関係にある。そこで、実際に可能排水量及び滞留水量を推定するのではなく、排水継続時間 t_d と滞留継続時間 t_r の関係から水噴み音の判定を行なうことが可能である。

【0048】

図5は、排水継続時間 t_d と滞留継続時間 t_r の関係に基づく水噴み音の判定について示す説明図である。図5の実線で示す曲線は、水素循環用ポンプ64の周辺温度(「HP周辺温度」とも呼ぶ) $T_r = T_a$ において、排水継続時間 t_d と、水素循環用ポンプ64の吸入口641に滞留水閾値 V_{th} まで水が溜まる滞留継続時間 t_r との関係を示している。排水継続時間 t_d と滞留継続時間 t_r との関係が、実線よりも下の領域(斜線で示す領域)にある場合は、吸入口641の滞留水が滞留水閾値 V_{th} に到達していないと推定されるので、水噴みの可能性は小さく「水噴み音無し」と判定することが可能と考えられる。これに対して、実線以上の領域にある場合は、吸入口641の滞留水が滞留水閾値 V_{th} 以上となっていると推定されるので、水噴みの可能性は大きく「水噴み音有り」と判定することが可能と考えられる。

【0049】

そこで、図5に示した実線のデータを水素循環用ポンプ64の周辺温度 T_r ごとにマップ(「判定閾値マップ」とも呼ぶ)として予め用意しておき、水素循環用ポンプ64の周辺温度 T_r に応じた判定閾値マップから、排水継続時間 t_d に対応する滞留継続時間 t_r を判定閾値として取得し、実際の滞留継続時間と判定閾値とを比較することにより、水噴み音を判定することが可能である。

【0050】

図6は、水噴み音判定の具体例を示すフローチャートである。この水噴み音判定は、燃料電池システム100の作動中において制御装置20によって継続して実施される。この水噴み音判定の処理が開始されると、まず、水素循環用ポンプ64の要求HP回転数 R_{hpqr} の変化が判断される(ステップS110、S120)。

【0051】

要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 未満の排水不可回転数への変化の要求であった場合には、ステップS130へ移行し、ステップS130において、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化の要求が発生したと判断されるまで、ステップS140～ステップS170が繰り返し実行される。

【0052】

これに対して、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化の要求であった場合には、ステップS180へ移行し、ステップS180の実行後、ステップS190において、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 未満の排水不可回転数への変化の要求が発生したと判断されるまで、ステップS200～ステップS220が繰り返し実行される。

【0053】

なお、ステップS130において、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化となったと判断された場合には、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化の要求であった場合に実行される側の処理(ステップS180～ステップS220)へ移行される。同様に、ステップS190において、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数閾値 r_p 未満の排水不可回転数への変化となったと判断された場合には、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数 r_p 未満の排水不可回転数への変化の要求であった場合に実行される側の処理(ステップS130～ステップS170)へ以降される。

【0054】

まず、要求HP回転数 R_{hpqr} が排水可能回転数 r_p 未満の排水不可回転数への変化の要求であった場合に実行される側の処理(ステップS130～ステップS170)について説明する。

【 0 0 5 5 】

要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数閾値 r_p 未満の排水不可回転数への変化の要求であった場合（ステップS120あるいはステップS190）、ステップS140では排水不可回転数の継続時間 t_{rc} が計測され、ステップS150では継続時間 t_{rc} が滞留継続時間 t_r として設定される。そして、ステップS160では滞留継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} 以上であるか否か判断され、滞留継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} 以上となった時点で、ステップS170において「水噴み音有り」と判定され、その水噴み判定フラグが立つ。そして、ステップS140～ステップS170は、ステップS130において、要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化となったと判断されるまで繰り返される。

10

【 0 0 5 6 】

なお、判定閾値 S_{th} は、要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水不可回転数に変化する前に実行されていた排水可能回転数のHP回転数 R_{hp} における排水継続時間 t_d において、水素循環用ポンプ64の吸入口641（図2参照）に滞留水閾値 V_{th} の水分（滞留水）が溜まる滞留継続時間 t_r （図5参照）であり、後述するステップS170において取得される。この判定閾値 S_{th} は、初期状態においては、あらかじめ設定された任意の初期値に設定されている。

【 0 0 5 7 】

次に、要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数 r_p 以上の排水可能回転数への変化の要求であった場合に実行される側の処理（ステップS180～ステップS220）につ

20

【 0 0 5 8 】

要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数閾値 r_p 以上の排水可能回転数への変化の要求であった場合（ステップS110あるいはステップS130）、ステップS180では、排水継続時間 t_d のカウンタの初期値 t_s が設定される。初期値 t_s は、要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数に変化する前に実行されていた排水不可回転数のHP回転数 R_{hp} における滞留継続時間 t_r 及び判定閾値 S_{th} から求められる滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）に対応する排水継続時間 t_d である。滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）は、滞留継続時間 t_r の間に滞留した水分（滞留水）に対して、滞留水閾値 V_{th} まで、さらに溜めることが可能な水分量（滞留水余裕量）に相当する時間である。なお、この初期値 t_s は、予め用意されている水素循環用ポンプ64の周辺温度 T_r ごとのマップ（「初期値マップ」とも呼ぶ）のうち、温度計測部68で計測された水素循環用ポンプ64の周辺温度 T_r に応じた初期値マップを用いて、滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）に対応する排水継続時間 t_r を取得することにより、設定される。

30

【 0 0 5 9 】

図7は、初期値マップの例を示す説明図である。この初期値マップは、滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）と、滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）を排水できる排水継続時間 t_d との関係を示しており、水素循環用ポンプ64の周辺温度 T_r ごとに用意される。図7には、 $T_r = T_a$ 、 $T_r = T_b (> T_a)$ 、及び $T_r = T_c (< T_a)$ の例が示されている。なお、マップが用意されていない周辺温度 T_r の場合には、あらかじめ定めたルールに従って、上側あるいは下側の用意されている周辺温度 T_r のマップを利用すればよい。例えば、周辺温度が氷点以上である場合には、下側の温度のマップを利用し、氷点下の場合は上側の温度のマップを利用すればよい。

40

【 0 0 6 0 】

そして、ステップS200では排水可能回転数のHP回転数の継続時間 t_{dc} が計測され、ステップS210では初期値 t_s にHP回転数の継続時間 t_{dc} を加算した時間が排水継続時間 t_d として設定され、ステップS220では排水継続時間 t_d に対応する判定閾値 S_{th} が更新される。そして、ステップS200～ステップS220は、ステップS190において、要求HP回転数 $R_{hp}r_q$ が排水可能回転数 r_p 未満の排水不可回転数への変化となったと判断されるまで繰り返される。従って、ステップS160において使

50

用される判定閾値 S_{th} は、要求 HP 回転数 R_{hpqr} が排水不可回転数への変化となる直前に更新された値である。

【0061】

判定閾値 S_{th} は、上述したように、排水継続時間 t_d において、水素循環用ポンプ 64 の吸入口 641 に滞留水閾値 V_{th} の水分（滞留水）が溜まる滞留継続時間 t_r である。この判定閾値 S_{th} は、予め用意されている、水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r ごとの判定閾値マップのうち、温度計測部 68 で計測された水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r に応じた判定閾値マップを用いて、排水継続時間 t_d に対応する滞留継続時間 t_r を取得することにより、更新される。

【0062】

図 8 は、判定閾値マップの例を示す説明図である。この判定閾値マップは、排水継続時間 t_d と、水素循環用ポンプ 64 の吸入口 641 に滞留水閾値 V_{th} の水分（滞留水）が溜まる滞留継続時間 t_r との関係を示しており、水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r ごとに用意される。なお、図 8 には、 $T_r = T_a$ 、 $T_r = T_b (> T_a)$ 、及び $T_r = T_c (< T_a)$ の例が示されている。なお、マップが用意されていない周辺温度 T_r の場合には、あらかじめ定められたルールに従って、上側あるいは下側の用意されている周辺温度 T_r のマップを利用すればよい。例えば、周辺温度が氷点以上である場合には、下側の温度のマップを利用し、氷点下の場合には上側の温度のマップを利用すればよい。

【0063】

なお、図 7 の初期値マップおよび図 8 の判定閾値マップは、実際に測定することによりあらかじめ求めておくことができる。なお、図 7 の初期値マップについては、図 8 の判定閾値間マップから導き出すことも可能である。

【0064】

図 9 は、水噛み判定および上昇レートの設定の具体例について示すタイムチャートである。このタイムチャートは、図 9 (a) は水素循環用ポンプ 64 への要求 HP 回転数 R_{hpqr} を示し、図 9 (b) は水素循環用ポンプ 64 の HP 回転数 R_{hp} を示し、図 9 (c) は HP 回転数 R_{hp} に応じて変化する水素循環用ポンプ 64 の吸入口 641 内の残水（「 HP 内残水」とも呼ぶ）を示している。なお、図 9 (a) に示すように、要求 HP 回転数 R_{hpqr} としては、時刻 t_0 を開始タイミングとして、排水可能回転数としての排水可能回転数閾値 r_p （本例では 1800 rpm ）と、排水不可回転数としての 600 rpm と、が交互に発生する場合を例として示している。また、図 9 (c) に示すように、 HP 内残水としては、開始タイミングの時刻 t_0 において、滞留水閾値 V_{th} （満水容量 V_p の $1/2$ ）の水分が溜まっていたものとして示している。

【0065】

図 9 (a) に示すように、時刻 t_0 で要求 HP 回転数 R_{hpqr} が 600 rpm （排水不可回転数）から 1800 rpm （排水可能回転数）に変化する際には、上昇レートが設定され（図 3 参照）、 HP 内残水の余裕量に対応する排水継続時間 t_d の初期値 t_s が設定される（図 6 のステップ S_{180} 参照）。そして、図 9 (b) に示すように、設定された上昇レートで HP 回転数 R_{hp} が上昇する。なお、ここでは、初期状態として水噛み音の判定はなされておらず、水噛みフラグが立っていないものとして、上昇レートは通常レート $K_{rat t}$ （本例では、 $6000 \text{ rpm} / 1 \text{ sec}$ ）に設定されているものとする。また、時刻 t_0 における HP 内残水は上述したように滞留水閾値 V_{th} であるので、滞留水余裕時間（ $S_{th} - t_r$ ）は 0 であるとし、初期値 t_s は 0 に設定されるものとする。

【0066】

そして、図 9 (b) に示すように、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの 60 sec の継続時間 t_{dc} において、 HP 回転数 R_{hp} は 1800 rpm の排水可能回転数の状態を継続し、図 9 (c) に示すように、 HP 内残水は継続時間 t_{dc} に応じた排水量に対応する滞留水が排出されて減少する。ここでは、 HP 内残水は、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの間に滞留水閾値 V_{th} から 0 まで減少する状態を示している。

【0067】

10

20

30

40

50

さらに、図9(a)に示すように、時刻 t_1 で要求HP回転数 $R_{hp\ r\ q}$ が1800rpmから600rpmに変化する際に、排水継続時間 $t_d (= \text{継続時間 } t_{dc} + \text{初期値 } t_s)$ に対応する滞留継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} として設定される(図6のステップS190～ステップS220参照)。なお、HP回転数が下降する場合の下降レートについては特に限定はない。上昇レートの通常レート K_{rat} と同様の下降レート、例えば、 $-6000\text{rpm}/1\text{sec}$ とすることができる。

【0068】

そして、図9(b)に示すように、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの70secの継続時間 t_{rc} において、HP回転数 R_{hp} は600rpmの排水不可回転数の状態を継続し、図9(c)に示すように、HP内残水は継続時間 t_{rc} に応じた量の滞留水が溜まっていき、HP内残水が増加する。

10

【0069】

滞留水が溜まっていく過程において、滞留水量に対応する滞留継続時間 t_r (継続時間 t_{rc} に相当する)が、滞留水閾値 V_{th} に対応する判定閾値 S_{th} と比較される。滞留継続時間 $t_r (= t_{rc})$ が判定閾値 S_{th} 未満である間においては「水嘔み音無し」と判定され、滞留継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} 以上となった時点以降においては「水嘔み音有り」と判定される。ここでは、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間において、HP内残水は、滞留水閾値 V_{th} まで到達せずに余裕がある状態となっており、「水嘔み音無し」と判定される状態を示している。

【0070】

20

そこで、図9(a)に示すように、時刻 t_2 で要求HP回転数 $R_{hp\ r\ q}$ が600rpmの排水不可回転数から1800rpmの排水可能回転数に変化する際には、HP回転数の上昇レートは通常レート K_{rat} に設定され(図3参照)、設定された通常レート K_{rat} でHP回転数が上昇する。また、時刻 t_0 の場合と同様に、排水継続時間 t_d の初期値 t_s が設定される(図6のステップS180参照)。ここでは、滞留水継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} 未満であるので、滞留水余裕時間 $(S_{th} - t_r)$ に対応する滞留水余裕(「残水余裕」とも呼ぶ)があり、この滞留水余裕時間 $(S_{th} - t_r)$ に応じた正の初期値 t_s が設定される(図7参照)。

【0071】

そして、図9(b)に示すように、時刻 t_2 から時刻 t_3 までの40secの継続時間 t_{dc} において、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの場合と同様に、HP回転数 R_{hp} は1800rpmの排水可能回転数の状態を継続し、図9(c)に示すように、HP内残水は継続時間 t_{dc} に応じた排水量に対応する滞留水が排出されて減少する。ここでは、時刻 t_2 における残水余裕分があるため、HP内残水は、その分だけ早期に0まで減少することとなり、時刻 t_3 の手前で0まで減少している状態を示している。

30

【0072】

さらに、図9(a)に示すように、時刻 t_3 で要求HP回転数 $R_{hp\ r\ q}$ が1800rpmの排水可能回転数から600rpmの排水不可回転数に変化する際には、時刻 t_1 の場合と同様に、排水継続時間 $t_d (= \text{継続時間 } t_{dc} + \text{初期値 } t_s)$ に対応する滞留継続時間 t_r が判定閾値 S_{th} として設定される(図6のステップS190～ステップS220参照)。

40

【0073】

そして、図9(b)に示すように、時刻 t_3 から時刻 t_5 までの110secの継続時間 t_{rc} において、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの場合と同様に、HP回転数 R_{hp} は600rpmの排水不可回転数の状態を継続し、図9(c)に示すように、HP内残水は継続時間 t_{rc} に応じた量の滞留水が溜まっていき、HP残水が増加する。

【0074】

滞留水が溜まっていく過程において、滞留継続時間 t_r (継続時間 t_{rc})が判定閾値 S_{th} と比較され、水嘔み音の判定が行われる。ここでは、時刻 t_3 から時刻 t_4 までの96secの継続時間が経過したときに、HP内残水が滞留水閾値 V_{th} に到達し、時刻

50

t 4 から時刻 t 5 までの間において「水嘔み音有り」と判定される状態を示している。

【 0 0 7 5 】

次に、図 9 (a) に示すように、時刻 t 5 で要求 H P 回転数 $R_{hp}rq$ が 6 0 0 r p m の排水不可回転数から 1 8 0 0 r p m の排水可能へ変化する際には、時刻 t 4 で「水嘔み音有り」と判定されているため、上昇レートは低レート K_{ratd} に設定される (図 3 参照) 。 H P 回転数 R_{hp} は、図 9 (b) に示すように、設定された低レート K_{ratd} でゆっくり上昇し、時刻 t 6 で目標の 1 8 0 0 r p m に到達する。すなわち、H P 回転数の上昇が制限される。また、時刻 t 0 , t 2 の場合と同様に、排水継続時間 t d の初期値 t s が設定される (図 6 のステップ S 1 8 0 参照) 。ここでは、図 9 (b) に示すように、滞留継続時間 t r が判定閾値 S_{th} よりも大きくなっているため、滞留水余裕時間 ($S_{th} - t_r$) は負となり、滞留水閾値 V_{th} よりも多い滞留水が H P 内残水となっている。このため、この負の滞留水余裕時間 ($S_{th} - t_r$) に応じた負の初期値 t s が設定される (図 7 参照) 。そして、1 8 0 0 r p m の排水可能回転数に変化後は、その継続時間に
10 応じた排水量に対応する滞留水が排出されて減少する。

【 0 0 7 6 】

以上説明したように、時刻 t 5 において要求 H P 回転数 $R_{hp}rq$ が 6 0 0 r p m の排水不可回転数から 1 8 0 0 r p m の排水可能回転数へ上昇する際において、水嘔み音有り」と判定されていた場合には、低レート K_{ratd} に制限された上昇レートで H P 回転数をゆっくり上昇させることにより、H P 内での水嘔みの発生を抑制しつつ、H P 回転数 R_{hp} を上昇させて、滞留水の排水を開始することが可能となる。また、H P 回転数を低レート K_{ratd} で制限した状態でゆっくり上昇させるので、仮に、水嘔みが発生したとしても、異音等の発生を抑制することが可能である。

【 0 0 7 7 】

B . 変形例 :

(1) 変形例 1

上記実施形態において、燃料電池 1 0 は、いわゆるカウンタフロー型を採用している。しかし、本発明は、これに限られず、いわゆるコフロー型や、いわゆるクロスフロー型を採用してもよい。

【 0 0 7 8 】

(2) 変形例 2

上記実施形態において、制御部 2 0 は、マイクロコンピュータを用いて、各種制御に対応するソフトウェアを実行し、全体制御部や、カソードガス供給系 3 0 及びカソードガス排出系 4 0 を制御するカソードガス制御部、アノードガス供給系 5 0 及びアノードガス循環系 6 0 を制御するアノードガス制御部、冷媒循環系 7 0 を制御する冷媒制御部等を、ソフトウェア的な構成で実現する構成として説明した。しかしながら、制御部 2 0 は、カソード制御部やアノード制御部、冷媒制御部等の各制御部を、それぞれ、専用の処理回路により、ハードウェア的な構成で実現するようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

(3) 変形例 3

上記実施形態における水嘔み音判定の具体例では、図 5 , 6 に示したように、可能排水量 V_d および滞留水量 V_r に対応する排水継続時間 t d および滞留継続時間 t r により水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 の滞留水量が滞留水閾値 V_{th} (所定量) まで溜まるか否か推定して水嘔み音判定を行っている。これに対して、可能排水量 V_d および滞留水量 V_r により水素循環用ポンプ 6 4 の吸入口 6 4 1 の滞留水量が滞留水閾値 V_{th} (所定量) まで溜まるか否か推定して水嘔み音判定を行なうようにしてもよい。すなわち、水嘔み音判定は、上記実施形態や変形例に限定されるものではなく、図 4 に示した水嘔み音判定の基本的な手法を実現することができるものであれば、その具体的な方法に限定はない。
。

【 0 0 8 0 】

なお、排水継続時間 t d および滞留継続時間 t r ではなく可能排水量 V_d および滞留水
50

量 V_r により水噴み音判定を行なう場合、一例として、図 6 の水噴み音判定のうち、以下で説明する処理の追加および変更を行って実行するようにしてもよい。

【0081】

図 6 のステップ S 150 とステップ S 160 の間に、上式 (2) に基づいて滞留水量 V_r を求める処理を加え、ステップ S 160 を、求めた滞留水量 V_r が判定閾値 S_{th} と比較される処理に変更する。ステップ S 180 を 可能排水量 V_d の初期値 V_s を設定する処理に変更する。ステップ S 200 とステップ S 210 の間に、上式 (1) に基づいて 可能排水量 V_{dc} を求める処理を加え、ステップ S 210 を、 $V_d = V_s + V_{dc}$ に変更する。

【0082】

ステップ S 180 の初期値 V_s は、予め用意されている、水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r ごとの、滞留水余裕量 ($S_{th} - V_r$) と可能排水量 V_d との関係を示す初期値マップから、滞留水余裕量 ($S_{th} - V_r$) に対応する 可能排水量 V_d を求めて、設定されるようにすればよい。ステップ S 220 の判定閾値 S_{th} は、予め用意されている、水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r ごとの、可能排水量 V_d と、水素循環用ポンプ 64 の吸入口 641 に滞留水閾値 V_{th} の水分 (滞留水) が溜まる滞留水量 V_r との関係を示す判定閾値マップから、可能排水量 V_d に対応する滞留水量 V_r を求めて、更新されるようにすればよい。

【0083】

(4) 変形例 4

上記実施形態では、水素循環用ポンプ 64 の回転数の上昇レート (上昇率) を低レートに設定するものとしたが、複数段の制限した回転数で段階的に回転数を上昇させていくようにしてもよい。すなわち、水素循環用ポンプ 64 の回転数の上昇レート (上昇率) を制限するようにすればよい。

【0084】

(5) 変形例 5

上記実施形態では、温度計測部 68 により計測した水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r に基づいて初期値マップおよび判定閾値マップを選択するものとして説明したが、外気温を計測し、計測した外気温を水素循環用ポンプ 64 の周辺温度 T_r に代えてもよい。水素循環用ポンプ 64 の温度として扱うことが可能な温度であればよい。

【0085】

(6) 変形例 6

上記実施形態では、水素循環用ポンプ 64 を用いて、その回転数の上昇レートを制限する場合を例に説明した。しかしながら、水素循環用ポンプ 64 の回転数は、アノードガス循環系 60 の循環流量に対応するものであるので、水素循環用ポンプ 64 に限定されるのではなく、アノードガス循環系 60 の循環流量を調整可能な循環デバイスであればよく、その循環流量の上昇レートを制限するようにすればよい。

【0086】

本発明は、上述の実施形態や変形例に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【符号の説明】

【0087】

- 10 ... 燃料電池
- 11 ... 単セル
- 20 ... 制御部
- 30 ... カソードガス供給系

10

20

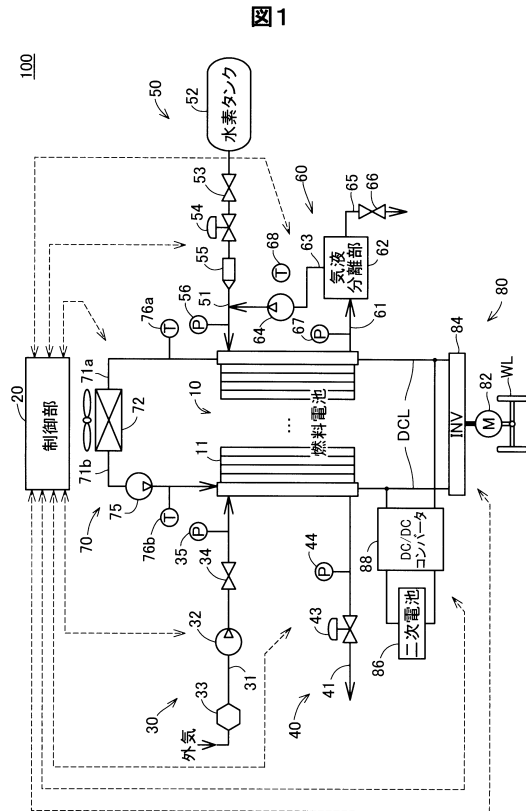
30

40

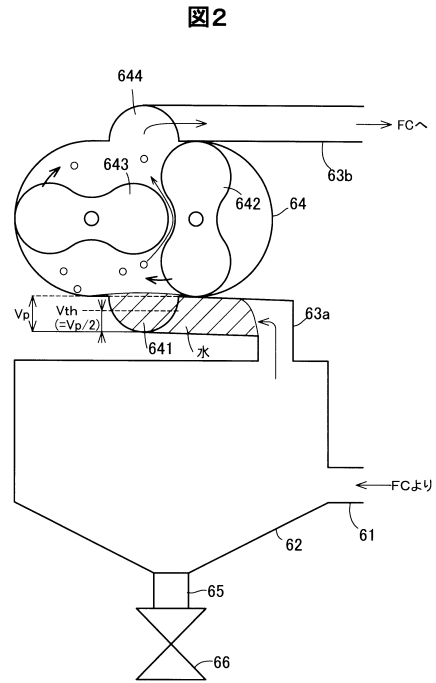
50

3 1 ...カソードガス配管	
3 2 ...エアコンプレッサ	
3 3 ...エアフロメータ	
3 4 ...開閉弁	
3 5 ...圧力計測部	
4 0 ...カソードガス排出系	
4 1 ...カソード排ガス配管	
4 3 ...調圧弁	
4 4 ...圧力計測部	
5 0 ...アノードガス供給系	10
5 1 ...アノードガス配管	
5 2 ...水素タンク	
5 3 ...開閉弁	
5 4 ...レギュレータ	
5 5 ...水素供給装置	
5 6 ...圧力計測部	
6 0 ...アノードガス循環系	
6 1 ...アノード排ガス配管	
6 2 ...気液分離部	
6 3 , 6 3 a , 6 3 b ...アノードガス循環配管	20
6 4 ...水素循環用ポンプ	
6 5 ...アノード排水配管	
6 6 ...排水弁	
6 7 ...圧力計測部	
6 8 ... <u>温度計測部</u>	
7 0 ...冷媒循環系	
7 1 ...冷媒用配管	
7 1 a ...上流側配管	
7 1 b ...下流側配管	
7 2 ...ラジエータ	30
7 5 ...冷媒循環用ポンプ	
7 6 a ...上流側温度センサ	
7 6 b ...下流側温度センサ	
8 0 ...電力充放電系	
8 2 ...駆動モータ	
8 4 ...インバータ	
8 6 ...二次電池	
8 8 ...D C / D C コンバータ	
1 0 0 ...燃料電池システム	
W L ...車輪	40
D C L ...直流配線	

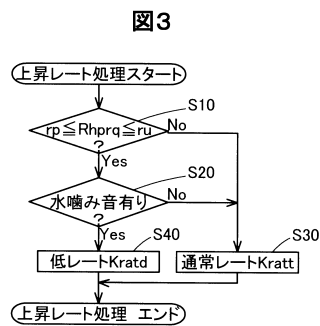
【図 1】



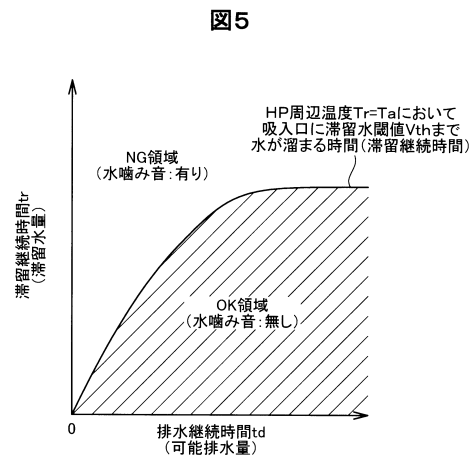
【図 2】



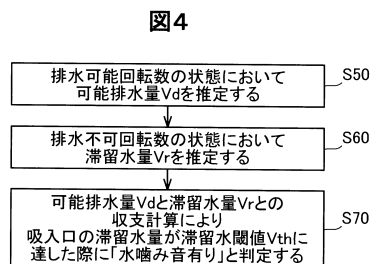
【図 3】



【図 5】

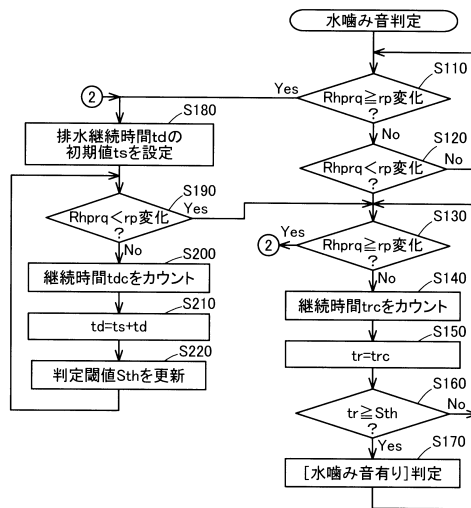


【図 4】



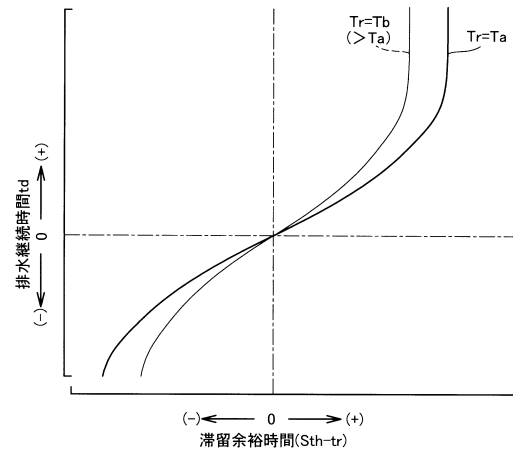
【図6】

図6



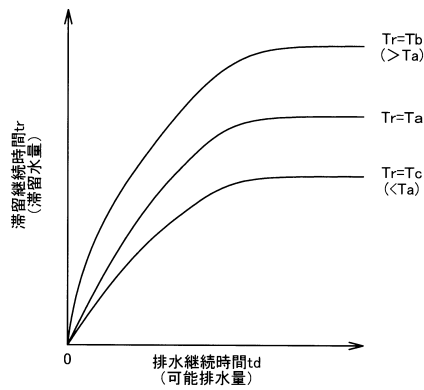
【図7】

図7



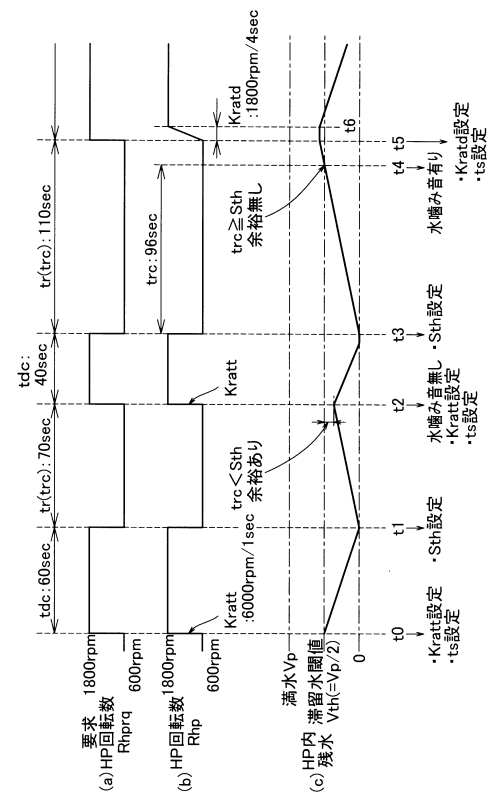
【図8】

図8



【図9】

図9



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-151999(JP,A)
特開2010-135194(JP,A)
特開2007-115460(JP,A)
特開2007-250277(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0120432(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60L1/00-3/12
7/00-13/00
15/00-15/42
H01M8/04-8/06