

(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2017-10908
(P2017-10908A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04228 (2016.01)	HO 1 M 8/04 Y	5H026
HO 1 M 8/04303 (2016.01)	HO 1 M 8/10	5H127
HO 1 M 8/10 (2016.01)		

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2015-128356 (P2015-128356)
(22) 出願日 平成27年6月26日 (2015.6.26)

(71) 出願人 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 戸井田 政史
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 山田 貴史
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 5H026 AA06

最終頁に続く

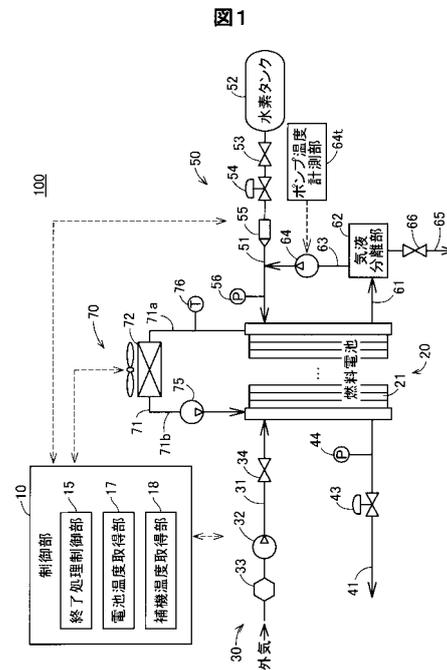
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 運転終了後に、燃料電池および補機類に水分が残留してしまうことを抑制できる技術を提供する。

【解決手段】 燃料電池システム100は、制御部10と、燃料電池20と、カソードガス給排部30と、アノードガス給排循環部50と、を備える。制御部10は、燃料電池20の運転を終了するときの終了処理を制御する終了処理制御部15として機能する。終了処理制御部15は、終了処理として、燃料電池20を急速に昇温させる急速暖機運転を実行した後に、急速暖機運転よりも燃料電池20の昇温速度が遅い通常暖機処理を実行し、その上で、燃料電池20の掃気処理を実行する。

【選択図】 図1



【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、

前記燃料電池に反応ガスを供給可能な反応ガス供給部と、

前記燃料電池から排出される排ガスが流通する通路に設けられているガス流通補機と、

前記燃料電池の運転を終了するときの終了処理の実行を制御する終了処理制御部と、

前記燃料電池の温度に関する情報である電池温度情報を取得可能な電池温度取得部と、

前記ガス流通補機の温度に関する情報である補機温度情報を取得可能な補機温度取得部と、

10

を備え、

前記終了処理制御部は、前記終了処理において、

前記反応ガス供給部に、前記燃料電池に対する前記反応ガスの供給を実行させること
によって、前記燃料電池に発電させて、前記燃料電池を昇温させる第 1 暖機処理と、

前記第 1 暖機処理のときよりも前記燃料電池の単位時間あたりの昇温量が大きくなる
ように、前記燃料電池の運転条件を制御する第 2 暖機処理と、

前記反応ガス供給部に、前記反応ガスを掃気ガスとして前記燃料電池に供給させるこ
とによって、少なくとも、前記燃料電池と、前記ガス流通補機と、を掃気する掃気処理と

、

を実行可能であり、

20

前記終了処理は、前記電池温度情報と、前記補機温度情報と、に基づいて、前記第 2 暖
機処理を実行した後に、前記第 1 暖機処理を実行し、その上で、前記掃気処理を実行する
処理を含む、燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 記載の燃料電池システムであって、

前記電池温度取得部は、前記燃料電池の温度を直接的または間接的に計測して、前記電
池温度情報として、前記燃料電池の温度を表す電池温度を取得し、

前記補機温度取得部は、前記ガス流通補機の温度を直接的または間接的に計測して、前
記補機温度情報として、前記ガス流通補機の温度を表す補機温度を取得し、

前記終了処理制御部は、前記第 2 暖機処理の実行を開始した後に、前記電池温度が所定
の第 1 電池温度閾値を超え、かつ、前記補機温度が所定の補機温度閾値以下のときに、前
記第 2 暖機処理から前記第 1 暖機処理に切り替え、さらに、前記電池温度が前記第 1 電池
温度閾値よりも高い所定の第 2 電池温度閾値を超えた後に、前記掃気処理を実行する、燃
料電池システム。

30

【請求項 3】

請求項 2 記載の燃料電池システムであって、

前記終了処理制御部は、前記第 2 暖機処理から切り替えて、前記第 1 暖機処理の実行を
開始した後、前記補機温度が前記補機温度閾値を超えたときに、前記電池温度が前記第 2
電池温度閾値よりも低い場合には、前記第 2 暖機処理を、再度、実行する、燃料電池シ
ステム。

40

【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であって、

前記終了処理制御部は、前記第 2 暖機処理において、前記燃料電池の発電量に対する前
記反応ガスに含まれる酸化ガスの供給量を前記第 1 暖機処理のときよりも少なくすること
によって、前記単位時間あたりの前記燃料電池の昇温量を大きくする、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。

50

【背景技術】

【0002】

固体高分子形燃料電池（以下、単に「燃料電池」も呼ぶ。）では、発電の際に、内部に多量の水分が発生する。燃料電池システムでは、氷点下などの低温環境下における残留水分の凍結に起因する起動性の低下を抑制するために、その運転終了時に、燃料電池の内部やシステム内の残留水分を掃気などによって除去する処理が実行される（例えば、下記特許文献1～3等）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-034309号公報

【特許文献2】特開2010-108757号公報

【特許文献3】特開2005-317264号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

燃料電池システムの運転終了時には、掃気処理によって、バルブやポンプなど、反応ガスや排ガスの流通に関与する補機類においても内部の残留水分が十分に除去されることが望ましい。しかしながら、低温環境下などにおける掃気の際には、そうした補機類の内部において残留水分が凍結してしまい、補機類内部の残留水分が十分に除去されない場合がある。

【0005】

上記の特許文献2, 3に記載されている燃料電池システムでは、背圧弁などのバルブに付着した水分を除去するために、バルブに対する掃気処理や加熱処理が実行されている。しかしながら、上記の特許文献2, 3の技術では、そうしたバルブに対する加熱処理や掃気処理が燃料電池に対する掃気処理とは別に独立して実行されているため、システム効率が低下してしまう可能性がある。このように、燃料電池システムにおいては、運転終了後に、燃料電池や補機類に水分が残留してしまうことを抑制する技術について、依然として改良の余地がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、以下の形態として実現することが可能である。

【0007】

[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、反応ガス供給部と、ガス流通補機と、終了処理制御部と、電池温度取得部と、補機温度取得部と、を備えてよい。前記反応ガス供給部は、前記燃料電池に反応ガスを供給可能であってよい。前記ガス流通補機は、前記燃料電池から排出される排ガスが流通する通路に設けられてよい。前記終了処理制御部は、前記燃料電池の運転を終了するときの終了処理の実行を制御してよい。前記電池温度取得部は、前記燃料電池の温度に関する情報である電池温度情報を取得可能であってよい。前記補機温度取得部は、前記ガス流通補機の温度に関する情報である補機温度情報を取得可能であってよい。前記終了処理制御部は、前記終了処理において、第1暖機処理と、第2暖機処理と、掃気処理と、を実行可能であってよい。前記第1暖機処理は、前記反応ガス供給部に、前記燃料電池に対する前記反応ガスの供給を実行させることによって、前記燃料電池に発電させて、前記燃料電池を昇温させる処理であってよい。前記第2暖機処理は、前記第1暖機処理のときよりも前記燃料電池の単位時間あたりの昇温量が大きくなるように、前記燃料電池の運転条件が制御される処理であってよい。前記掃気処理は、前記反応ガス供給部に、前記反応ガスを掃気ガスとして前記燃料電池に供給させることによって、少なくとも、前記燃料電池と、前記ガス流通補機と、を掃気する処理であってよい。前記終了処理は、前記電池温度情

10

20

30

40

50

報と、前記補機温度情報と、に基づいて、前記第2暖機処理を実行した後に、前記第1暖機処理を実行し、その上で、前記掃気処理を実行する処理を含んでよい。この形態の燃料電池システムによれば、掃気処理の前に、燃料電池とガス流通補機とをともに昇温させることができるため、掃気処理による残留水分の除去効果が高められる。

【0008】

[2] 上記形態の燃料電池システムは、前記電池温度取得部は、前記燃料電池の温度を直接的または間接的に計測して、前記電池温度情報として、前記燃料電池の温度を表す電池温度を取得し、前記補機温度取得部は、前記ガス流通補機の温度を直接的または間接的に計測して、前記補機温度情報として、前記ガス流通補機の温度を表す補機温度を取得し、前記終了処理制御部は、前記第2暖機処理の実行を開始した後に、前記電池温度が所定の第1電池温度閾値を超え、かつ、前記補機温度が所定の補機温度閾値以下のときに、前記第2暖機処理から前記第1暖機処理に切り替え、さらに、前記電池温度が前記第1電池温度閾値よりも高い所定の第2電池温度閾値を超えた後に、前記掃気処理を実行してよい。この形態の燃料電池システムによれば、第1暖機処理、第2暖機処理、掃気処理が、燃料電池の実際の温度とガス流通補機の実際の温度に即した、より適切なタイミングで実行される。

10

【0009】

[3] 上記形態の燃料電池システムにおいて、前記終了処理制御部は、前記第2暖機処理から切り替えて、前記第1暖機処理の実行を開始した後、前記補機温度が前記補機温度閾値を超えたときに、前記電池温度が前記第2電池温度閾値よりも低い場合には、前記第2暖機処理を、再度、実行してよい。この形態の燃料電池システムによれば、掃気処理の前に、燃料電池を、より短時間で、効率的に昇温させることができる。

20

【0010】

[4] 上記形態の燃料電池システムにおいて、前記終了処理制御部は、前記第2暖機処理において、前記燃料電池の発電量に対する前記反応ガスに含まれる酸化ガスの供給量を前記第1暖機処理のときよりも少なくすることによって、前記単位時間あたりの前記燃料電池の昇温量を大きくしてよい。この形態の燃料電池システムによれば、燃料電池の加熱のための補機等を用いるまでもなく、燃料電池に対する反応ガスの供給制御によって、第1暖機処理と第2暖機処理とを簡易に切り替えることができ、効率的である。

【0011】

上述した本発明の各形態の有する複数の構成要素はすべてが必須のものではなく、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、適宜、前記複数の構成要素の一部の構成要素について、その変更、削除、新たな他の構成要素との差し替え、限定内容の一部削除を行うことが可能である。また、上述の課題の一部又は全部を解決するため、あるいは、本明細書に記載された効果の一部又は全部を達成するために、上述した本発明の一形態に含まれる技術的特徴の一部又は全部を上述した本発明の他の形態に含まれる技術的特徴の一部又は全部と組み合わせ、本発明の独立した一形態とすることも可能である。

30

【0012】

本発明は、燃料電池システムや、その掃気方法以外の種々の形態で実現することも可能である。例えば、燃料電池システムの制御装置や、燃料電池システムの制御方法、燃料電池システムの終了処理装置、燃料電池システムの運転終了方法、燃料電池システムの暖機装置、燃料電池システムの暖機方法、燃料電池システムの掃気装置、燃料電池システムの掃気方法、前記の装置の制御や、前記の方法を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体等の形態で実現することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】 第1実施形態における燃料電池システムの構成を示す概略図。

【図2】 第1実施形態における終了処理のフローを示す説明図。

50

【図 3】第 1 実施形態における暖機運転制御のフローを示す説明図。

【図 4】第 1 実施形態における終了処理のタイムチャートの一例を示す説明図。

【図 5】第 2 実施形態における補機温度取得処理のフローを示す説明図。

【図 6】第 2 実施形態における補機温度取得処理に用いられる昇温速度マップの一例を示す説明図。

【図 7】第 2 実施形態における暖機運転制御のフローを示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

A. 第 1 実施形態：

[燃料電池システムの構成]

10

図 1 は、本発明の一実施形態における燃料電池システム 100 の構成を示す概略図である。この燃料電池システム 100 は、燃料電池車両に搭載され、主に、運転者からの要求に応じて、燃料電池車両の駆動力として用いられる電力を出力する。燃料電池システム 100 は、制御部 10 と、燃料電池 20 と、カソードガス給排部 30 と、アノードガス給排循環部 50 と、冷媒供給部 70 と、を備える。

【0015】

制御部 10 は、中央処理装置と主記憶装置とを備えるマイクロコンピュータによって構成され、主記憶装置上にプログラムを読み込んで実行することにより、種々の機能を発揮する。制御部 10 は、燃料電池システム 100 の運転中に、以下に説明する各構成部 30, 50, 70 を制御して、燃料電池 20 に出力要求に応じた電力を発電させる燃料電池 20 の発電制御を実行する。

20

【0016】

また、本実施形態では、制御部 10 は、燃料電池システム 100 の運転を終了するときの終了処理を実行する終了処理制御部 15 としての機能を有する。本実施形態の燃料電池システム 100 では、低温環境下における終了処理において掃気処理が実行されることによって、燃料電池システム 100 の運転停止後のシステム内に水分が残留したままになることが抑制される。終了処理の内容については後述する。

【0017】

さらに、本実施形態では、制御部 10 は、電池温度取得部 17 としての機能と、補機温度取得部 18 としての機能と、を有する。電池温度取得部 17 は、後述するように、冷媒供給部 70 における温度計測部 76 の計測結果に基づいて、燃料電池 20 の温度を表す電池温度 T_{FC} を取得する。また、補機温度取得部 18 は、水素ポンプ 64 の温度を表す補機温度 T_{AM} を、アノードガス給排循環部 50 の水素ポンプ 64 に設けられたポンプ温度計測部 64t を介して取得する。電池温度 T_{FC} および補機温度 T_{AM} は終了処理において用いられる。

30

【0018】

燃料電池 20 は、反応ガスとして燃料ガス（水素）と酸化ガス（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。燃料電池 20 は、複数の単セル 21 が積層されたスタック構造を有する。各単セル 21 は、それぞれが単体でも発電可能な発電要素である。単セル 21 は、電解質膜の両面に電極を配置した発電体である膜電極接合体と、膜電極接合体を挟む 2 枚のセパレーター（図示せず）と、を有する。電解質膜は、内部に水分を包含した湿潤状態のときに良好なプロトン伝導性を示す固体高分子薄膜によって構成される。

40

【0019】

カソードガス給排部 30 は、燃料電池 20 のカソード側に酸化ガスを供給する機能と、燃料電池 20 のカソード側から排出されるカソード排ガスおよび排水を燃料電池システム 100 の外部に排出する機能と、を有する。カソードガス給排部 30 は、酸化ガスの供給システムとして、カソードガス配管 31 と、エアコンプレッサー 32 と、エアフロメーター 33 と、開閉弁 34 と、を備える。カソードガス配管 31 は、燃料電池 20 のカソード側の入口に接続されている。エアコンプレッサー 32 は、カソードガス配管 31 を介して燃料

50

電池 20 に接続されており、外気を取り込んで圧縮した空気を燃料電池 20 に供給する。

【0020】

エアフロメーター 33 は、エアコンプレッサー 32 の上流側において、エアコンプレッサー 32 が取り込む外気の量を計測し、制御部 10 に送信する。制御部 10 は、この計測値に基づいてエアコンプレッサー 32 を駆動することにより、燃料電池 20 に対する空気の供給量を制御する。開閉弁 34 は、エアコンプレッサー 32 と燃料電池 20 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、エアコンプレッサー 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。

【0021】

カソードガス給排部 30 は、さらに、酸化ガスの排出系統として、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 20 のカソード側の出口に接続されており、カソード排ガスおよび排水を燃料電池システム 100 の外部へと排出可能である。調圧弁 43 は、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 20 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、その計測値を制御部 10 に送信する。制御部 10 は、圧力計測部 44 の計測値に基づいて調圧弁 43 の開度を調整する。

10

【0022】

アノードガス給排循環部 50 は、燃料電池 20 のアノード側に燃料ガスを供給する機能を有する。また、アノードガス給排循環部 50 は、燃料電池 20 のアノード側から排出されるアノード排ガスおよび排水を燃料電池システム 100 の外部に排出する機能と、燃料電池システム 100 内において循環させる機能と、を有する。

20

【0023】

アノードガス給排循環部 50 は、燃料ガスの供給系統として、アノードガス配管 51 と、水素タンク 52 と、開閉弁 53 と、レギュレーター 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 には、燃料電池 20 に供給するための高圧水素が充填されている。水素タンク 52 は、アノードガス配管 51 を介して燃料電池 20 のアノード側の入口に接続されている。

【0024】

アノードガス配管 51 には、開閉弁 53 と、レギュレーター 54 と、水素供給装置 55 と、圧力計測部 56 とが、この順序で、上流側（水素タンク 52 側）から順に設けられている。開閉弁 53 は、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ためのバルブである。開閉弁 53 の開閉動作は、制御部 10 によって制御される。

30

【0025】

レギュレーター 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 10 によって制御されている。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ーによって構成される。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 10 に送信する。制御部 10 は、圧力計測部 56 の計測値に基づき、水素供給装置 55 の開閉タイミングを表す駆動周期を制御することによって、燃料電池 20 に供給される水素量を制御する。

40

【0026】

アノードガス給排循環部 50 は、燃料ガスの排出循環系統として、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、水素ポンプ 64 と、アノード排水配管 65 と、排水弁 66 と、を備える。アノード排ガス配管 61 は、燃料電池 20 のアノード側の出口と気液分離部 62 とに接続されている。

【0027】

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。アノード排ガス配管 61 を介して気液分離部 62 に流入したアノード排ガスは、気液分離部 62 によって気体成分と水分とに分離される。気液分離部 62 内において、アノード排ガスの気体成分はアノードガス循環配管 63 へと誘導され、水分はアノード排水

50

配管 65 へと誘導される。

【0028】

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、水素ポンプ 64 が設けられている。水素ポンプ 64 は、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をアノードガス配管 51 へと送り出す循環ポンプとして機能する。制御部 10 は、水素ポンプ 64 が有するエンコーダー（図示は省略）を介して、水素ポンプ 64 の現在の回転数を取得し、水素ポンプ 64 の駆動制御に用いる。

【0029】

本実施形態では、水素ポンプ 64 に、ポンプ温度計測部 64t が設けられている。上述したように、本実施形態では、補機温度取得部 18 は、ポンプ温度計測部 64t による水素ポンプ 64 の温度の実測値を補機温度 T_{AM} として取得する。本実施形態では、水素ポンプ 64 が、本発明におけるガス流通補機の下位概念に相当する。また、補機温度 T_{AM} が、補機温度情報の下位概念に相当する。

10

【0030】

アノード排水配管 65 には排水弁 66 が設けられている。排水弁 66 は、制御部 10 からの指令に応じて開閉する。制御部 10 は、通常、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。アノード排水配管 65 の下流端は、アノード側の排水とアノード排ガスとを、カソード側の排水とカソード排ガスとに混合して排出可能なように、カソード排ガス配管 41 に合流されている（図示は省略）。

20

【0031】

カソードガス給排部 30 およびアノードガス給排循環部 50 は、本発明における反応ガス供給部の下位概念に相当する。本実施形態では、終了処理制御部 15 が実行する終了処理において、燃料電池 20 を昇温させる暖機処理が実行される。暖機処理では、カソードガス給排部 30 およびアノードガス給排循環部 50 は、暖機運転実行部として、燃料電池 20 に対する反応ガスの供給を実行する。また、本実施形態では、終了処理制御部 15 が実行する終了処理において、燃料電池 20 の内部および燃料電池システム 100 内を掃気する掃気処理が実行される。掃気処理では、カソードガス給排部 30 のエアコンプレッサー 32 およびアノードガス給排循環部 50 の水素ポンプ 64 が、反応ガスを掃気ガスとして供給する掃気実行部として機能する。暖機処理や掃気処理についての詳細は後述する。

30

【0032】

冷媒供給部 70 は、冷媒用配管 71 と、ラジエーター 72 と、循環ポンプ 75 と、を備える。冷媒用配管 71 は、燃料電池 20 を冷却するための冷媒を循環させるための配管であり、上流側配管 71a と、下流側配管 71b と、を含む。上流側配管 71a は、燃料電池 20 内の冷媒流路の出口とラジエーター 72 の入口とを接続する。下流側配管 71b は、燃料電池 20 内の冷媒流路の入口とラジエーター 72 の出口とを接続する。ラジエーター 72 は、外気を取り込むファンを有し、冷媒用配管 71 の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。循環ポンプ 75 は、下流側配管 71b に設けられている。冷媒は、循環ポンプ 75 の駆動力によって冷媒用配管 71 内を流れる。

40

【0033】

本実施形態では、冷媒供給部 70 に、燃料電池 20 の温度を検出するための温度計測部 76 が設けられている。温度計測部 76 は冷媒供給部 70 の上流側配管 71a に設けられている。上述したように、電池温度取得部 17 は、温度計測部 76 によって取得される燃料電池 20 から排出された冷媒の温度の計測値に基づいて、燃料電池 20 の温度を表す電池温度 T_{FC} を取得する。電池温度 T_{FC} は、本発明における電池温度情報の下位概念に相当する。

【0034】

その他に、本実施形態の燃料電池システム 100 は、その電気系統に、少なくとも、二次電池と、DC/DCコンバータと、を備える（図示は省略）。二次電池は、燃料電池 2

50

0 が出力する電力や回生電力を蓄電し、燃料電池 20 とともに電力源として機能する。DC / DC コンバータは、二次電池の充放電や燃料電池 20 の出力電圧を制御することができる。

【0035】

[燃料電池システムの終了処理]

図 2 は、第 1 実施形態の燃料電池システム 100 において、終了処理制御部 15 によって実行される終了処理のフローを示す説明図である。終了処理制御部 15 は、例えば、燃料電池車両の運転者による運転終了操作（イグニションオフの操作）が検出されたときなど、燃料電池システム 100 の運転を終了するとき、以下の終了処理を実行する。

【0036】

ステップ S 10 では、終了処理制御部 15 は、掃気処理の実行の可否を判定する。掃気処理は、残留水分を低減するために、燃料電池 20 や反応ガスおよび排ガスの流通経路に掃気ガスを供給する処理である（詳細は後述）。終了処理制御部 15 は、システムの停止中に外気温が氷点に到達する可能性がある場合に、掃気処理の実行を決定する。終了処理制御部 15 は、例えば、外気温センサー（図示は省略）などによって取得した外気温が 10 よりも低い場合や、日付情報や時刻情報に基づいて、現在が冬の夜中であることが検出された場合に、掃気処理の実行を決定してもよい。また、現在の燃料電池の抵抗値や、運転終了前の燃料電池 20 の発電量などの運転履歴を示す情報に基づいて、燃料電池 20 内やシステム内に多量の水分が残留していることが検出された場合に、掃気処理の実行を決定してもよい。終了処理制御部 15 は、システムの停止中に外気温が氷点に到達する可能性が低い場合には、掃気処理を実行することなく、燃料電池システム 100 の運転を終了する。

【0037】

ステップ S 13 では、終了処理制御部 15 は、電池温度取得部 17 によって取得される電池温度 T_{FC} と、補機温度取得部 18 によって取得される補機温度 T_{AM} と、に基づいて、暖機運転の実行可否を判定する。暖機運転は、燃料電池 20 の昇温を目的として燃料電池 20 に発電させる運転であり、本発明における暖機処理の下位概念に相当する。終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} および補機温度 T_{AM} が、掃気処理を実行したときに水素ポンプ 64 内の水分が凍結してしまう可能性がある温度であるときに、暖機運転の実行を決定する。終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} が、後述する第 1 温度 T_{f1} よりも低い温度であり、かつ、補機温度 T_{AM} が後述する補機閾値温度 T_a よりも低い温度のときに、暖機運転の実行を決定する。より具体的には、終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} が 50 より低い温度であり、補機温度 T_{AM} が 10 以下のときに、暖機運転の実行を決定する。

【0038】

終了処理制御部 15 は、ステップ S 13 において、暖機運転を実行しないことを決定した場合には、ステップ S 15 の暖機運転制御を実行することなく、ステップ S 18 の掃気処理を開始する。これによって、無駄に暖機運転が実行されて、システム効率が低下してしまうことが抑制される。

【0039】

終了処理制御部 15 は、ステップ S 13 において、暖機運転の実行を決定した場合には、ステップ S 15 の暖機運転制御を実行する。暖機運転制御において暖機運転が実行されることにより、後述するように、燃料電池 20 の温度と、水素ポンプ 64 をはじめとする燃料電池 20 の排ガスが流通する補機類の温度と、を効率的に高めることができる。従って、この後に実行される掃気処理で流される掃気ガスの温度が高められるとともに、補機類における水分の凍結が抑制され、掃気処理による残留水分の除去効果が効率的に高められる。なお、暖機運転において燃料電池 20 で発電された電力は、燃料電池システム 100 内のエアコンプレッサー 32 や水素ポンプ 64 などの補機において消費されるとともに、余剰分は、二次電池に蓄電される。暖機運転制御の詳細については後述する。

【0040】

10

20

30

40

50

ステップ S 1 8 の掃気処理では、終了処理制御部 1 5 は、カソードガス給排部 3 0 のエアコンプレッサー 3 2 を駆動して外気を取り入れ、当該外気を掃気ガスとして、燃料電池 2 0 のカソード側に供給する。また、終了処理制御部 1 5 は、アノードガス給排循環部 5 0 の開閉弁 5 3 を閉じて、水素供給装置 5 5 の駆動を停止させた状態において、水素ポンプ 6 4 を駆動させる。これによって、燃料電池システム 1 0 0 のアノードガスの循環経路に残留しているガスが、掃気ガスとして循環供給され、当該循環経路内が掃気される。

【 0 0 4 1 】

[暖機運転制御]

図 3 は、第 1 実施形態における暖機運転制御のフローを示す説明図である。上述したように、暖機運転は、燃料電池 2 0 の昇温を目的として燃料電池 2 0 に発電させる運転である。本実施形態の燃料電池システム 1 0 0 において実行される暖機運転には、「通常暖機運転」と「急速暖機運転」の 2 種類がある。暖機運転制御では、通常暖機運転と急速暖機運転とが適宜、切り替えられて実行される。以下では、通常暖機運転と急速暖機運転との違いを説明した上で、暖機運転制御のフローを説明する。

10

【 0 0 4 2 】

通常暖機運転は、燃料電池 2 0 の昇温速度が比較的緩やかな暖機運転である。通常暖機運転では、燃料ガスの供給量に対する酸化ガスの供給量の比率が燃料電池車両の通常の走行時と同程度である。より具体的に、本実施形態の通常暖機運転では、発電反応の反応式に基づいて燃料電池 2 0 の発電量に対して理論的に求められる酸化ガスの必要量に対して、実際に燃料電池 2 0 に供給される酸化ガスの供給量が、1.5 ~ 2.0 倍程となるように反応ガスの供給量が制御される。通常暖機運転での燃料電池 2 0 の発電制御は、燃料電池車両のアイドリング時に実行される発電制御とほぼ同じであるとしてもよい。この場合には、通常暖機運転は、燃料電池 2 0 の通常の発電制御がおこなわれる通常運転の一態様であるとの解釈も可能である。通常暖機運転は、本発明における第 1 暖機処理の下位概念に相当する。

20

【 0 0 4 3 】

一方、急速暖機運転は、より短時間で燃料電池 2 0 を昇温させることを目的としており、単位時間あたりの燃料電池 2 0 の昇温量（燃料電池 2 0 の昇温速度）が通常暖機運転よりも大きい暖機運転である。本実施形態の急速暖機運転では、燃料電池 2 0 の発電制御によって、燃料電池 2 0 の昇温速度が通常暖機運転のときよりも高められている。本実施形態の急速暖機運転では、上述した燃料電池 2 0 の発電量から求められる酸化ガスの必要量に対する酸化ガスの供給量の比率が通常暖機運転のときよりも小さくなるように、燃料電池 2 0 に反応ガスが供給される。具体的に、本実施形態の急速暖機処理では、発電反応の反応式に基づいて燃料電池 2 0 の発電量に対して理論的に求められる酸化ガスの必要量に対して、酸化ガスの実際の供給量が、ほぼ等しくなるように制御される。これによって、急速暖機処理では、通常暖機運転のときよりも燃料電池 2 0 の発電効率が低下し、発電による熱の発生が促され、通常暖機運転よりも燃料電池 2 0 の昇温速度が高められる。急速暖機運転は、本発明における第 2 暖機処理の下位概念に相当する。本実施形態の燃料電池システム 1 0 0 では、通常暖機運転と急速暖機運転とが、燃料ガスと酸化ガスの供給量比率の変更によって、簡易に切り替えられる。

30

40

【 0 0 4 4 】

暖機運転制御では、まず、終了処理制御部 1 5 は、燃料電池 2 0 が短時間で昇温されるように、急速暖機運転を開始する（ステップ S 2 0）。終了処理の制御において説明したように、暖機運転制御は、電池温度 T_{FC} が低いときに開始されるため、燃料電池 2 0 を急速に暖機できることが望ましいためである。

【 0 0 4 5 】

終了処理制御部 1 5 は、電池温度 T_{FC} が、所定の閾値である第 1 温度 T_{f1} 以下である間、急速暖機運転を継続する（ステップ S 2 2）。そして、電池温度 T_{FC} が第 1 温度 T_{f1} より高くなったときに急速暖機運転を終了する（ステップ S 2 4）。第 1 温度 T_{f1} は、本発明における第 1 電池温度閾値の下位概念に相当する。第 1 温度 T_{f1} は、燃料

50

電池 20 の端部に位置する単セル 21 が確実に 0 よりも高くなる程度の温度であることが望ましい。これによって、燃料電池 20 の全ての単セル 21 が十分に昇温する前に急速暖機運転が終了してしまうことが抑制される。

【0046】

また、第 1 温度 T_{f1} は、燃料電池 20 の通常の運転温度よりも低い温度に設定されていることが望ましい。本明細書において、燃料電池 20 の通常の運転温度とは、外気温が 20 ~ 30 である状態において、0.8 ~ 1.0 V の出力電圧の発電を燃料電池 20 に継続させたときの平均運転温度を意味する。第 1 温度 T_{f1} をそのような低い値に設定することが望ましい理由は以下の通りである。

【0047】

ステップ S 20 ~ S 24 において急速暖機運転が実行されるときには、水素ポンプ 64 などの補機類の温度が 0 よりも低いままである場合がある。例えば、低温環境下に放置されていた燃料電池システム 100 が起動後に、すぐ運転終了されたような場合である。そのような状態のときに、燃料電池 20 の温度が通常の運転温度を超えるような高温に到達すると、温度が高く、多量の水蒸気を含む排ガスが補機類に流入することになり、排ガス中の水分が補機類の内部において凍結してしまう可能性がある。従って、そうした補機類内部での水分の凍結を抑制するためにも、この段階の急速暖機運転は、電池温度 T_{FC} が、燃料電池 20 の通常の運転温度よりも低い温度で終了することが望ましい。

【0048】

このように、第 1 温度 T_{f1} は、燃料電池 20 の全ての単セル 21 が十分に昇温でき、燃料電池 20 の通常の運転温度よりも低い温度に設定されていることが望ましい。第 1 温度 T_{f1} は、例えば、50 ~ 60 程度に設定されることが望ましい。

【0049】

ステップ S 26 において、補機温度 T_{AM} が、所定の閾値温度 T_a 以下である場合には、終了処理制御部 15 は、通常暖機運転を開始する（ステップ S 30）。閾値温度 T_a は、本発明における補機温度閾値の下位概念に相当する。閾値温度 T_a は、暖機運転中およびその後の掃気処理の実行中に、水素ポンプ 64 において水分の凍結が生じないことが担保される温度であることが望ましい。閾値温度 T_a は、例えば、10 ~ 20 程度であるとしてもよい。なお、ステップ S 26 において、補機温度 T_{AM} が、閾値温度 T_a よりも高い場合には、ステップ S 28 以降において、通常暖機運転に切り替わらない制御が実行される。ステップ S 28 以降の制御については、通常暖機運転が実行される制御を説明した後に説明する。

【0050】

ステップ S 30 における通常暖機運転は、主に、水素ポンプ 64 の昇温を目的としている。暖機運転制御において、水素ポンプ 64 を昇温させておけば、後の掃気処理の実行時に、掃気ガスに含まれる水分が水素ポンプ 64 の内部で凍結して残留してしまうことが抑制され、掃気処理による掃気効果が高められる。

【0051】

本発明の発明者が実験的に得た知見によれば、急速暖機運転のときと通常暖機運転のときとでは、水素ポンプ 64 を含む補機類の単位時間あたりの昇温量の差はわずかである。つまり、通常暖機運転であっても、急速暖機運転と同様に、水素ポンプ 64 を昇温させることができる。そこで、本実施形態では、急速暖機運転によって、燃料電池 20 の温度がある程度高くなった後には、燃料電池 20 の運転温度が急激に高まってしまうことが抑制される通常暖機運転によって、水素ポンプ 64 を昇温させる。これによって、温度が高まる前の水素ポンプ 64 に温度が高い燃料電池 20 から多量の水蒸気を含む排ガスが流入することによって、水素ポンプ 64 が凍結してしまうことが抑制され、水素ポンプ 64 を、より確実に昇温させることができる。また、急速暖機運転における燃料電池 20 の低効率な発電を無駄におこなうことなく、水素ポンプ 64 を昇温させることができるため効率的である。

【0052】

終了処理制御部 15 は、補機温度 T_{AM} が所定の前述の補機閾値温度 T_a よりも高いか否かを判定し、補機温度 T_{AM} が補機閾値温度 T_a 以下である場合には、そのまま通常暖機運転を継続する（ステップ S 3 2）。終了処理制御部 15 は、補機温度 T_{AM} が補機閾値温度 T_a よりも高くなった場合には、通常暖機運転を終了し（ステップ S 3 4）、電池温度 T_{FC} が所定の閾値である第 2 温度 T_{f2} よりも高いか否かを判定する（ステップ S 3 6）。電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} よりも高い場合には、終了処理制御部 15 は、掃気処理の実行を開始する（図 2 のステップ S 1 8）。

【0053】

第 2 温度 T_{f2} は、掃気処理における掃気効果が高められるように、第 1 温度 T_{f1} よりもある程度高い温度に設定されていることが望ましい。また、燃料電池 20 が運転終了前に無駄に高温になってしまうことを抑制するためにも、第 2 温度 T_{f2} は、燃料電池 20 の通常の運転温度と同程度か、それよりも低い温度に設定されていることが望ましい。本実施形態では、第 2 温度 T_{f2} は、60～80 に設定されている。第 2 温度 T_{f2} は、本発明における第 2 電池温度閾値の下位概念に相当する。

10

【0054】

ステップ S 3 6 において、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} 以下である場合には、終了処理制御部 15 は、燃料電池 20 を急速に昇温させるために、再び、急速暖機運転を開始する（ステップ S 4 2）。2 回目の急速暖機運転は、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} よりも高くなるまで継続される（ステップ S 4 4）。この段階であれば、水素ポンプ 6 4 が昇温されているため、急速暖機運転によって、燃料電池 20 を急速に昇温させたとしても、水素ポンプ 6 4 の凍結は抑制される。終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} よりも高くなったときに、急速暖機運転を終了させ（ステップ S 4 6）、掃気処理を開始する（図 2 のステップ S 1 8）。

20

【0055】

このように、本実施形態では、通常暖機運転によって補機温度 T_{AM} が閾値温度 T_a よりも高められた後、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} よりも高められた上で、掃気処理が実行される。これによって、水素ポンプ 6 4 における水分の凍結が抑制されるばかりではなく、掃気処理における掃気ガスの温度が高められて、掃気ガスによる水分の持ち去り量が増大される。従って、掃気処理による残留水分の除去効果が高められる。

【0056】

通常暖機運転が実行されないステップ S 2 8 以降の制御を説明する。ステップ S 2 8 において、電池温度 T_{FC} が所定の第 2 温度 T_{f2} よりも高い場合には、水素ポンプ 6 4 の温度および燃料電池 20 の温度が十分に高いため、終了処理制御部 15 は、掃気処理を実行する（図 2 のステップ S 1 8）。すなわち、この場合には、急速暖機運転が実行された後、通常暖機運転に切り替わることなく、そのまま掃気処理が実行される。

30

【0057】

一方、ステップ S 2 8 において、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} 以下である場合には、水素ポンプ 6 4 の温度が凍結が抑制される程度に高いが、燃料電池 20 の温度が十分ではないため、終了処理制御部 15 は、2 回目の急速暖機運転を開始する（ステップ S 4 2）。なお、この場合には、実質的には、ステップ S 2 0 で開始された急速暖機運転が、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} を超えるまで継続されていると解釈することもできる。終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} を超えた後に、掃気処理を実行する（ステップ S 4 4, S 4 6, 図 2 のステップ S 1 8）。このように、本実施形態では、急速暖機運転によって燃料電池 20 の温度が高められた後に、水素ポンプ 6 4 の温度が凍結が抑制される程度の温度であった場合には、通常暖機運転の実行が省略されるため効率的である。

40

【0058】

図 4 は、第 1 実施形態の終了処理における暖機運転と掃気処理の実行期間を示すタイムチャートの一例を示す説明図である。このタイムチャートには、終了処理が開始された後の電池温度 T_{FC} および補機温度 T_{AM} の時間変化と、急速暖機運転、通常暖機運転、掃

50

気処理のそれぞれの実行期間と、が例示されている。

【 0 0 5 9 】

時刻 $t_0 \sim t_1$ では、まず、急速暖機運転が実行され、電池温度 T_{FC} が、第 1 温度 T_{f1} まで急速に上昇している。ただし、この期間では、補機温度 T_{AM} はわずかにしか上昇していない。通常暖機運転に切り替えられた後には、電池温度 T_{FC} が高まったことにより、補機温度 T_{AM} の昇温速度が高まり、水素ポンプ 64 が補機閾値温度 T_a まで昇温する（時刻 $t_1 \sim t_2$ ）。ただし、この例では、通常暖機運転に切り替えられた後には、外気温の影響によって、電池温度 T_{FC} がわずかに低下している。

【 0 0 6 0 】

時刻 t_2 においては、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} よりも低いため、通常暖機運転から急速暖機運転に切り替えられる。これによって、燃料電池 20 の昇温速度が再び高められ、燃料電池 20 は、第 2 温度 T_{f2} まで急速に暖機される（時刻 $t_2 \sim t_3$ ）。その後、電池温度 T_{FC} が第 2 温度 T_{f2} より高く、補機温度 T_{AM} が補機閾値温度 T_a よりも高い状態で、掃気処理が実行される。

10

【 0 0 6 1 】

[まとめ]

以上のように、本実施形態の燃料電池システム 100 では、その停止中に外気温が氷点下に到達する可能性がある場合には、終了処理において、掃気処理が実行されることにより、システム内の反応ガスおよび排ガスの経路に残留している水分が低減される。従って、残留水分の凍結に起因する燃料電池システム 100 の起動性の低下が抑制される。また、本実施形態の燃料電池システム 100 では、燃料電池 20 や水素ポンプ 64 の温度が低い場合には、暖機運転制御において暖機運転が実行され、燃料電池 20 および水素ポンプ 64 が昇温される。従って、掃気処理において、掃気ガスによる水分の持ち去り量が高められるとともに、水素ポンプ 64 内での水分の凍結が抑制され、掃気処理による水分の除去効果が高められる。

20

【 0 0 6 2 】

さらに、本実施形態の燃料電池システム 100 では、暖機運転制御において、急速暖機運転によって燃料電池 20 が急速に昇温された後に、通常暖機運転によって水素ポンプ 64 が昇温される。これによって、水素ポンプ 64 における凍結の発生を抑制しつつ、燃料電池 20 とともに水素ポンプ 64 を昇温させることができる。この制御は、例えば、低温環境下に放置されていた燃料電池システム 100 が起動された後、燃料電池 20 および水素ポンプ 64 の温度が十分に高まらないうちに燃料電池システム 100 の運転が終了されてしまう場合などに、特に有効である。また、水素ポンプ 64 の凍結を抑制するために冷媒供給部 70 による冷却によって燃料電池 20 の温度を低く抑えつつ急速暖機運転を継続するよりも効率的である。加えて、本実施形態の燃料電池システム 100 では、水素ポンプ 64 が昇温した後、通常暖機運転によって燃料電池 20 が昇温しにくい場合には、通常暖機運転から、再度、急速暖機運転に切り替えられるため、燃料電池 20 をより確実かつ短時間で昇温させることができる。その他に、本実施形態の燃料電池システム 100 によれば、上記実施形態内において説明した種々の作用効果を奏することができる。

30

【 0 0 6 3 】

B. 第 2 実施形態 :

図 5 は、本発明の第 2 実施形態における燃料電池システムで実行される補機温度取得処理のフローを示す説明図である。第 2 実施形態の燃料電池システムは、水素ポンプ 64 にポンプ温度計測部 64 t が設けられていない点以外は、第 1 実施形態の燃料電池システム 100 とほぼ同じ構成を有している。第 2 実施形態の燃料電池システム 100 では、終了処理制御部 15 によって、第 1 実施形態で説明したのと同様な終了処理（図 2）および暖機運転制御（図 3）が実行される。第 2 実施形態の燃料電池システムでは、補機温度取得部 18 は、終了処理の実行中に限らず、水素ポンプ 64 が駆動している間にわたって、以下に説明する補機温度取得処理を周期的に繰り返し実行し、水素ポンプ 64 の温度を表す補機温度 T_{AM} を逐次、更新していく。補機温度 T_{AM} は、第 1 実施形態で説明したよう

40

50

に、終了処理制御部 15 によって終了処理および暖機運転制御に用いられる。

【0064】

ステップ S50 では、補機温度取得部 18 は制御部 10 の記憶部（図示は省略）に格納した前回値 $P T_{A M}$ を読み込み、取得する。補機温度取得処理の実行が初回である場合には、補機温度取得部 18 は、不揮発的に記憶されている前回値 $P T_{A M}$ の初期値が読み込まれる。初期値は、燃料電池システム 100 の運転履歴を表す情報や、現在の電池温度 $T_{F C}$ 、現在の環境温度などに基づいて、適宜設定されても良い。

【0065】

ステップ S51 では、補機温度取得部 18 は、電池温度取得部 17 から現在の電池温度 $T_{F C}$ を取得する。ステップ S52 では、補機温度取得部 18 は、水素ポンプ 64 が備えるエンコーダ（図示は省略）を介して、現在の水素ポンプ 64 の回転数 R_C を取得する。

10

【0066】

ステップ S53 では、補機温度取得部 18 は、予め準備されているマップを用いて、現在の電池温度 $T_{F C}$ と、現在の水素ポンプ 64 の回転数 R_C と、に基づいて、水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ を取得する。「水素ポンプ 64 の昇温速度」とは、単位時間あたりの水素ポンプ 64 の昇温量である。

【0067】

図 6 は、ステップ S53 において水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ の取得に用いられるマップの一例を概念的に示す説明図である。このマップ 19（以下、「昇温速度マップ 19」と呼ぶ。）は、水素ポンプ 64 の回転数 R_C ごとに、燃料電池 20 の温度が高いほど水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ が高くなる関係が設定されている。

20

【0068】

本実施形態では、昇温速度マップ 19 における水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ は、水素ポンプ 64 の回転数 R_C によって決まるアノード排ガスの流量と、飽和水蒸気量の水蒸気を含むアノード排ガスからの水素ポンプ 64 の受熱量と、に基づいて算出される値である。補機温度取得部 18 は、現在の水素ポンプ 64 の回転数 R_C に対応する燃料電池 20 の温度と水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ との関係に基づいて、現在の電池温度 $T_{F C}$ に対する水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ を取得する。

【0069】

ステップ S54（図 5）では、補機温度取得部 18 は、水素ポンプ 64 の昇温速度 $V_{T P}$ に補機温度取得処理の実行周期に相当する微小時間 t を乗算し、前回値 $P T_{A M}$ を加算することによって、ポンプ温度の補機温度 $T_{A M}$ の今回値を算出する（下記（A）式）。

30

$$T_{A M} = P T_{A M} + V_{T P} \times t \quad \dots (A)$$

【0070】

ステップ S55 では、補機温度取得部 18 は、得られた補機温度 $T_{A M}$ の今回値を記憶部に格納する。補機温度取得部 18 は、記憶部に格納された補機温度 $T_{A M}$ の今回値を、次の周期の補機温度取得処理のステップ S50 において前回値 $P T_{A M}$ として読み込む。また、終了処理制御部 15 は、記憶部に格納されている補機温度 $T_{A M}$ の今回値を、現在の水素ポンプ 64 の温度を表す推定値として、終了処理および暖機運転制御において読み込んで使用する。

40

【0071】

以上のように、第 2 実施形態の補機温度取得部 18 は、現在の水素ポンプ 64 の温度を表す補機温度 $T_{A M}$ を、逐次的な簡易な演算によって取得している。第 2 実施形態の補機温度 $T_{A M}$ は、現在の水素ポンプ 64 の温度を間接的に計測した値であると解釈できる。第 2 実施形態の燃料電池システムによれば、現在の水素ポンプ 64 の温度を表す補機温度 $T_{A M}$ が、逐次的な簡易な演算によって取得され、終了処理や暖機運転制御に用いられる。従って、水素ポンプ 64 の温度を直接的に測定するポンプ温度計測部 64 t を省略することができ、効率的である。その他に、第 2 実施形態の燃料電池システムによれば、第 1

50

実施形態で説明したのと同様な種々の作用効果を奏することができる。

【0072】

C. 第3実施形態：

図7は、本発明の第3実施形態における暖機運転制御のフローを示す説明図である。第3実施形態における燃料電池システムは、第1実施形態の燃料電池システム100(図1)とほぼ同じ構成を有しており、第1実施形態で説明したのと同様な終了処理(図2)が実行される。第3実施形態における燃料電池システムにおいて実行される暖機運転制御は、ステップS28, S42~S46の処理が省略されている点以外は、第1実施形態の暖機運転制御とほぼ同じである。第3実施形態の暖機運転制御では、ステップS26において、補機温度 T_{AM} が閾値温度 T_a 以下である場合には、通常暖機運転に切り替えられる(ステップS30)。通常暖機運転に切り替えられた後に、補機温度 T_{AM} が補機閾値温度 T_a よりも高くなったとき、あるいは、ステップS26において、補機温度 T_{AM} が既に閾値温度 T_a よりも高かった場合には、掃気処理(図2のステップS18)が実行される。第3実施形態の暖機運転制御であっても、燃料電池20と水素ポンプ64とを昇温させることができるため、掃気処理における掃気効果が高められる。その他に、第3実施形態の燃料電池システムであれば、第1実施形態で説明したのと同様な種々の作用効果を奏することができる。なお、第3実施形態の燃料電池システムにおいても、補機温度取得部18は、第2実施形態で説明したのと同様な補機温度取得処理によって、補機温度 T_{AM} を取得してもよい。

10

【0073】

20

D. 変形例：

D1. 変形例1：

上記の各実施形態では、終了処理制御部15は、反応ガスまたは排ガスが流通する補機のうちの水素ポンプ64の温度を補機温度 T_{AM} として取得し、水素ポンプ64における凍結が抑制されるように、その補機温度 T_{AM} に基づいて、暖機運転を制御している。これに対して、終了処理制御部15は、水素ポンプ64以外の他の排ガスが流通する補機の温度を表す補機温度 T_{AM} を取得して、その補機温度 T_{AM} に基づいて暖機運転を制御してもよい。終了処理制御部15は、例えば、カソードガス給排部30の調圧弁43の温度を表す補機温度 T_{AM} を取得して、調圧弁43における凍結が抑制されるように、その補機温度 T_{AM} に基づいて暖機運転を制御してもよい。つまり、本発明におけるガス流通補機は、水素ポンプ64に限定されることはなく、燃料電池20の排ガスが流通する他の補機であってよい。

30

【0074】

D2. 変形例2：

上記の各実施形態では、急速暖機運転の発電効率を、通常暖機運転のときよりも低下させることによって、急速暖機運転における単位時間あたりの昇温量を、急速暖機運転のときよりも増大させている。これに対して、急速暖機運転における燃料電池20の単位時間あたりの昇温量は、他の方法によって、通常暖機運転のときよりも増大されてもよい。急速暖機運転における燃料電池20の単位時間あたりの昇温量は、終了処理制御部15によって、燃料電池20の運転条件が変更されることによって、通常暖機運転のときよりも増大されていけばよい。例えば、急速暖機運転では、終了処理制御部15の制御下において、冷媒供給部70に流れる冷媒を昇温させることによって、燃料電池20の単位時間あたりの昇温量が増大されてもよい。あるいは、終了処理制御部15の制御下で稼働するヒーターなどの加熱手段によって、燃料電池20が加熱されることによって、燃料電池20の単位時間あたりの昇温量が増大されてもよい。

40

【0075】

D3. 変形例3：

上記の各実施形態では、掃気処理は、カソードガス給排部30およびアノードガス給排循環部50の両方によって実行されている。これに対して、掃気処理は、カソードガス給排部30またはアノードガス給排循環部50のいずれか一方にのみによって実行されても

50

よい。ただし、カソードガス給排部 30 のみよって掃気処理を実行する場合には、暖機運転制御は、水素ポンプ 64 に代えて、カソードガス給排部 30 に含まれている排ガスが流通する補機（例えば、調圧弁 43）の温度を表す補機温度 T_{AM} に基づいて実行されることが望ましい。

【0076】

D4．変形例 4：

上記の第 1 実施形態では、補機温度取得部 18 は、ポンプ温度計測部 64 t によって、水素ポンプ 64 の温度の実測値を補機温度 T_{AM} として取得している。また、上記の第 2 実施形態では、補機温度取得部 18 は、水素ポンプ 64 の温度の推定値を補機温度 T_{AM} として取得している。このように、補機温度 T_{AM} は、水素ポンプ 64 など、水分の凍結抑制の対象となる補機の温度を表しているパラメータであればよく、補機温度 T_{AM} は、上記の各実施形態の方法以外の方法で取得されてもよい。補機温度 T_{AM} は、例えば、水素ポンプ 64 の下流側の配管に設けられた温度センサーの計測値に基づいて取得されてもよい。また、上記の各実施形態では、電池温度取得部 17 は、燃料電池 20 の温度と相関関係を有している冷媒温度に基づいて、燃料電池 20 の温度を表す電池温度 T_{FC} を間接的な計測値として取得している。これに対して、電池温度 T_{FC} は、他の方法によって取得されてもよい。電池温度取得部 17 は、燃料電池 20 の温度を表していればよく、燃料電池 20 の温度を温度センサーによって直接的に計測した実測値として取得されてもよいし、例えば、燃料電池 20 の発電状態や発電特性の変化などに基づいて、推定値として取得されてもよい。

10

20

【0077】

D5．変形例 5：

上記の各実施形態では、終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} および補機温度 T_{AM} に基づいて暖機運転制御を実行している。これに対して、終了処理制御部 15 は、電池温度 T_{FC} 以外の燃料電池 20 の温度に関する電池温度情報や、補機温度 T_{AM} 以外の水素ポンプ 64 の温度に関する情報である補機温度情報に基づいて暖機運転制御を実行してもよい。ここで、電池温度情報は、燃料電池 20 の温度状態に関連する情報であればよい。電池温度情報には、電池温度 T_{FC} が含まれ、電池温度 T_{FC} 以外にも、燃料電池 20 の現在の温度を間接的に導出できる情報、例えば、燃料電池 20 の運転履歴を表す情報や燃料電池 20 が配置されている環境温度を表す情報などが含まれる。環境温度を表す情報には、温度計測値以外にも、間接的に現在の温度傾向を求めることができる現在の日付情報や時刻情報などが含まれる。同様に、補機温度情報は、水素ポンプ 64 など、対象となる補機の温度状態に関連する情報であればよい。補機温度情報には、補機温度 T_{AM} が含まれ、補機温度 T_{AM} 以外にも、水素ポンプ 64 の現在の温度を間接的に導出できる情報、例えば、水素ポンプ 64 の運転履歴を表す情報や、水素ポンプ 64 が配置されている環境温度を表す情報などが含まれる。終了処理制御部 15 は、終了処理において、燃料電池 20 の温度が上記の各実施形態で説明した第 1 温度 T_{f1} 以下であり、水素ポンプ 64 の温度が上記の各実施形態で説明した閾値温度 T_a 以下であることが、上述した電池温度情報や補機温度情報に基づいて推定される場合に、暖機運転制御（ステップ S15）の実行を決定してもよい。また、電池温度情報や補機温度情報に基づいて、急速暖機運転や通常暖機運転の各実行時間を決定し、急速暖機運転および通常暖機運転をその実行時間で順に実行してもよい。

30

40

【0078】

本発明は、上述の実施形態や実施例、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、実施例、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。

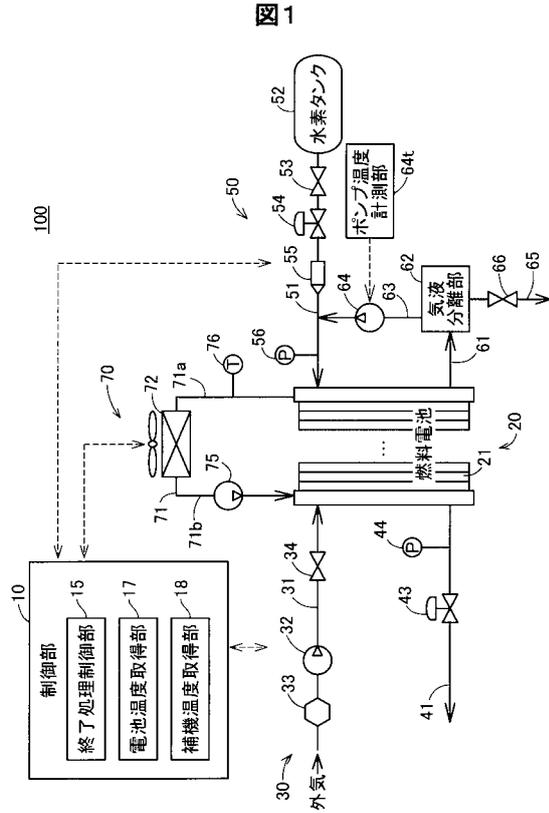
50

【符号の説明】

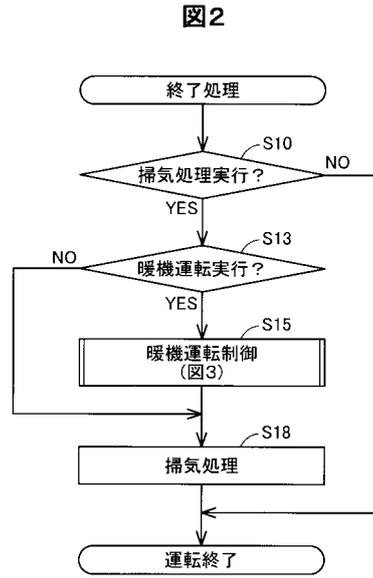
【0079】

10	...制御部	
15	...終了処理制御部	
17	...電池温度取得部	
18	...補機温度取得部	
19	...昇温速度マップ	
20	...燃料電池	
21	...単セル	
30	...カソードガス給排部	10
31	...カソードガス配管	
32	...エアコンプレッサー	
33	...エアフロメーター	
41	...カソード排ガス配管	
43	...調圧弁	
44	...圧力計測部	
50	...アノードガス給排循環部	
51	...アノードガス配管	
52	...水素タンク	
53	...開閉弁	20
54	...レギュレーター	
55	...水素供給装置	
56	...圧力計測部	
61	...アノード排ガス配管	
62	...気液分離部	
63	...アノードガス循環配管	
64	...水素ポンプ	
64 t	...ポンプ温度計測部	
65	...アノード排水配管	
66	...排水弁	30
70	...冷媒供給部	
71 (71 a , 71 b)	...冷媒用配管	
72	...ラジエーター	
75	...循環ポンプ	
76	...温度計測部	
100	...燃料電池システム	

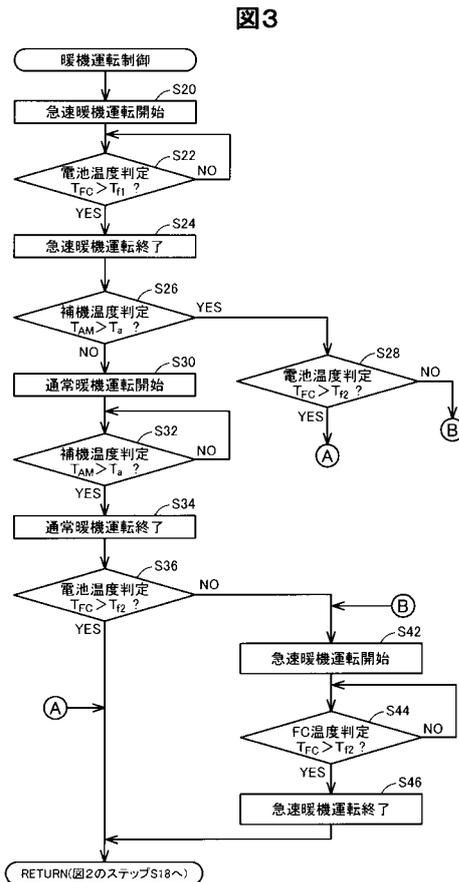
【 図 1 】



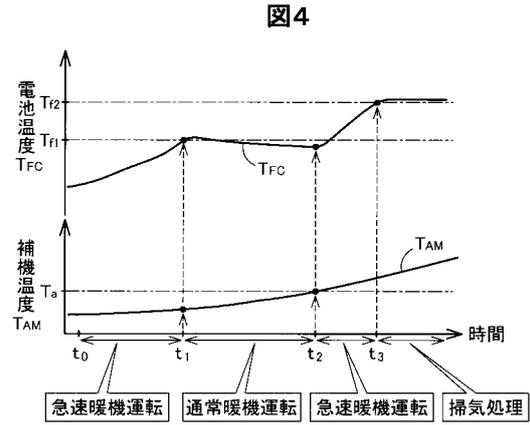
【 図 2 】



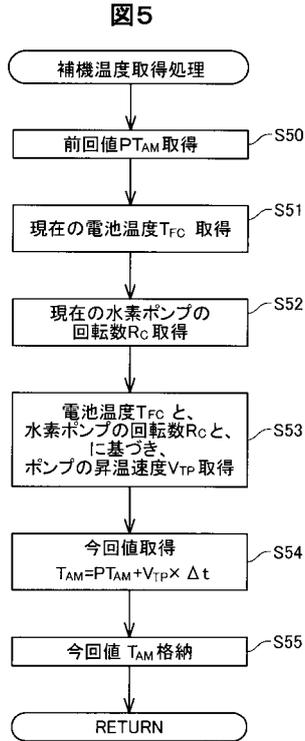
【 図 3 】



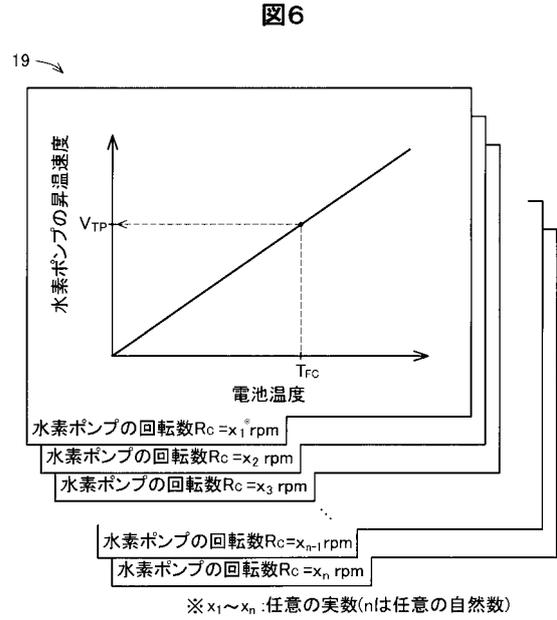
【 図 4 】



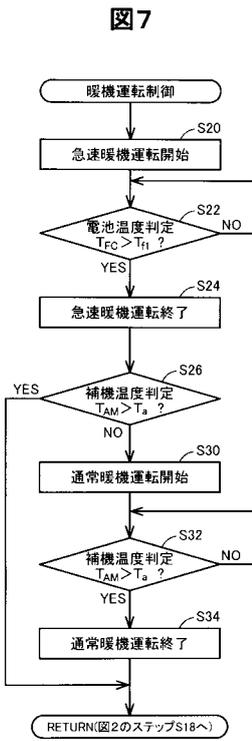
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H127 AA06 AB04 AC09 AC15 BA02 BA22 BA28 BA33 BA57 BA58
BA59 BA60 BB02 BB12 BB37 BB39 BB40 CC01 CC20 DA11
DB47 DB70 DB71 DB74 DC55 DC74