

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5765064号
(P5765064)

(45) 発行日 平成27年8月19日(2015.8.19)

(24) 登録日 平成27年6月26日(2015.6.26)

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

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2011-126109 (P2011-126109)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成23年6月6日(2011.6.6)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2012-252939 (P2012-252939A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成24年12月20日(2012.12.20)	(74) 代理人	100075513
審査請求日	平成26年4月23日(2014.4.23)		弁理士 後藤 政喜
		(74) 代理人	100114236
			弁理士 藤井 正弘
		(74) 代理人	100120260
			弁理士 飯田 雅昭
		(74) 代理人	100120178
			弁理士 三田 康成
		(72) 発明者	青木 哲也
			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】 燃料電池の湿潤状態制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料電池の湿潤状態を調整するとき、カソードガスの圧力及び流量のいずれか一方を優先して制御する優先制御部と、

前記優先制御部による制御では燃料電池の湿潤状態を調整しきれないときに、冷却水の温度を制御する水温制御部と、

前記水温制御部の応答遅れを補完するように、カソードガスの圧力及び流量のいずれか他方を制御する補完制御部と、
を有する燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

燃料電池の湿潤状態を低めて乾燥させる場合には、

前記優先制御部は、カソードガスの圧力を優先して下げ、

前記水温制御部は、前記優先制御部による制御では燃料電池の湿潤状態を調整しきれないときに、冷却水の温度を上げ、

前記補完制御部は、前記水温制御部の応答遅れを補完するように、カソードガスの流量を制御する、
燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

10

20

燃料電池の湿潤状態を低めて乾燥させる場合には、

前記優先制御部は、燃料電池が現在よりも高湿潤状態にするときに供給するカソードガスの流量及び冷却水の温度に基づいてカソードガスの圧力を下げ、

前記水温制御部は、カソードガスの実圧力及び前記現在よりも高湿潤状態にするときに供給するカソードガスの流量に基づいて冷却水の温度を上げ、

前記補完制御部は、カソードガスの圧力及び冷却水の実温度に基づいてカソードガスの流量を制御する、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

現在よりも高湿潤状態にするときに供給するカソードガスの流量とは、燃料電池の性能を確保できる範囲で最も低い流量であり、

現在よりも高湿潤状態にするときに供給する冷却水の温度とは、燃料電池の性能を確保できる範囲で最も低い温度である、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

前記水温制御部が作動しない場合であって燃料電池の湿潤状態を低めて乾燥させるときには、前記優先制御部は、前記現在よりも高湿潤状態にするときに供給する冷却水の温度に代えて、冷却水の実温度を用いる、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 6】

請求項 3 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

前記補完制御部が作動しない場合であって燃料電池の湿潤状態を低めて乾燥させるときには、前記優先制御部及び前記水温制御部は、前記現在よりも高湿潤状態にするときに供給するカソードガスの流量に代えて、カソードガスの実流量を用いる、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

燃料電池の湿潤状態を高めて湿潤させる場合には、

前記優先制御部は、カソードガスの流量を優先して下げ、

前記水温制御部は、前記優先制御部による制御では燃料電池の湿潤状態を調整しきれないときに、冷却水の温度を下げ、

前記補完制御部は、前記水温制御部の応答遅れを補完するように、カソードガスの圧力を制御する、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、

燃料電池の湿潤状態を高めて湿潤させる場合には、

前記優先制御部は、燃料電池が現在よりも低湿潤状態にするときに供給するカソードガス圧力及び冷却水の温度に基づいてカソードガスの流量を下げ、

前記水温制御部は、カソードガスの実流量及び燃料電池が現在よりも低湿潤状態にするときに供給するカソードガスの圧力に基づいて冷却水の温度を下げ、

前記補完制御部は、カソードガスの流量及び冷却水の実温度に基づいてカソードガスの圧力を制御する、

燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

請求項 8 に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、
 現在よりも低湿潤状態にするとときに供給するカソードガスの圧力とは、燃料電池の性能を確保できる範囲で最も低い圧力であり、
 現在よりも低湿潤状態にするとときに供給する冷却水の温度とは、燃料電池の性能を確保できる範囲で最も高い温度である、
 燃料電池の湿潤状態制御装置。

【請求項 10】

請求項 8 又は請求項 9 に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、
 前記水温制御部が作動しない場合であって燃料電池の湿潤状態を高めて湿潤させるときには、前記優先制御部は、前記現在よりも低湿潤状態にするとときに供給する冷却水の温度に代えて、冷却水の実温度を用いる、
 燃料電池の湿潤状態制御装置。

10

【請求項 11】

請求項 8 から請求項 10 までのいずれか 1 項に記載の燃料電池の湿潤状態制御装置において、
 前記補完制御部が作動しない場合であって燃料電池の湿潤状態を高めて湿潤させるときには、前記優先制御部及び前記水温制御部は、前記現在よりも低湿潤状態にするとときに供給するカソードガスの圧力に代えて、カソードガスの実圧力を用いる、
 燃料電池の湿潤状態制御装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

この発明は、燃料電池の湿潤状態を制御する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池を効率よく発電させるには、電解質膜を適度な湿潤状態に維持することが重要である。すなわち、電解質膜の湿潤状態が高すぎればフラディングが生じたり零下起動に備えて停止時のパーズ動作が必要になる。また電解質膜の湿潤状態が低すぎれば燃料電池スタックの電圧が落ち込んで出力が大きく低下するおそれがある。そこで特許文献 1 では、電解質膜を適度な湿潤状態に維持するカソードガス圧力及びカソードガス流量となるように調圧弁やカソードコンプレッサーを制御していた。特に燃費を考慮して湿潤側に制御する場合は、カソードコンプレッサー野消費電力を下げるために回転速度を先に低下させ、その後、調圧弁を開いて圧力を上げる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 115488 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

湿潤度を制御するパラメーターとしては冷却水温もある。しかしながら、前述した手法では、湿潤調整するために、冷却水温を制御していなかった。そのため過渡時の湿潤制御において、燃費を改善する余地のあることが本件発明者らによって知見された。

40

【0005】

本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたものであり、本発明の目的は、冷却水の制御を含めて燃費の悪化を抑制しつつ、電解質膜を適度な湿潤状態に維持することができる燃料電池の湿潤状態制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は以下のような解決手段によって前記課題を解決する。

50

【 0 0 0 7 】

本発明の燃料電池の湿潤状態制御装置は、燃料電池の湿潤状態を調整するとき、カソードガスの圧力及び流量のいずれか一方を優先して制御する優先制御部を有する。そして、前記優先制御部による制御では燃料電池の湿潤状態を調整しきれないときに、冷却水の温度を制御する水温制御部をさらに有する。そして、前記水温制御部の応答遅れを補完するように、カソードガスの圧力及び流量のいずれか他方を制御する補完制御部をさらに有する。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

一般的に燃料電池の温度は、冷却水の制御によって達成する。冷却水の温度を調整することで湿潤度を制御すれば、流量や圧力を調整する場合に比べて燃費に優れるという効果がある。しかしながら、冷却水の温度を調整することは、流量や圧力を調整する場合に比べて応答に時間を要する。したがって、温度による湿潤制御を最も優先にすると、制御の応答性が遅い。その一方で温度による制御の優先順位を最も遅くすると、温度による制御によって湿潤制御の目標値に到達しない場合に、目標値への乖離を他のパラメータがフォローできなくなってしまふ。そこで、上記のように優先順位を決めることで、たとえば、湿潤状態を下げるドライ操作時は、圧力 温度 流量の順に制御するようにした。このようにすることで、温度の応答性の低さを圧力が補い、湿潤度の目標値に対して温度制御でカバーできない分を流量が補うこととなる。したがって、圧力や温度でウェット状態が満足できる場合はコンプレッサーの流量のアップを抑制でき、上記の従来技術よりも燃費が向上するのである。

10

20

【 0 0 0 9 】

本発明の実施形態、本発明の利点については、添付された図面を参照しながら以下に詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】図 1 は、本発明による燃料電池の湿潤状態制御装置を適用するシステムの一例を示す図である。

【図 2】図 2 は、燃料電池スタックにおける電解質膜の反応を説明する模式図である。

【図 3】図 3 は、コントローラの湿潤状態制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

30

【図 4】図 4 は、目標湿潤状態が下がるときの湿潤制御装置の作動を示すタイミングチャートである。

【図 5】図 5 は、目標湿潤状態が上がるときの湿潤制御装置の作動を示すタイミングチャートである。

【図 6】図 6 は、本発明による湿潤状態制御装置の第 2 実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【図 7】図 7 は、本発明による湿潤状態制御装置の第 3 実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【図 8】図 8 は、本発明による湿潤状態制御装置の第 4 実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明による燃料電池の湿潤状態制御装置を適用するシステムの一例を示す図である。

【 0 0 1 2 】

最初に図 1 を参照して、本発明による燃料電池の湿潤状態制御装置を適用する基本的なシステムについて説明する。

【 0 0 1 3 】

50

燃料電池スタック10は、適温に維持されつつ反応ガス(カソードガス O_2 、アノードガス H_2)が供給されて発電する。そこで燃料電池スタック10には、カソードライン20と、アノードライン30と、冷却水循環ライン40と、が接続される。なお燃料電池スタック10の発電電流は、電流センサー101で検出される。燃料電池スタック10の発電電圧は、電圧センサー102で検出される。

【0014】

カソードライン20には、燃料電池スタック10に供給されるカソードガス O_2 が流れる。カソードライン20には、コンプレッサー21と、カソード調圧弁22と、が設けられる。

【0015】

コンプレッサー21は、燃料電池スタック10よりも上流のカソードライン20に設けられる。コンプレッサー21は、モーターMによって駆動される。コンプレッサー21は、カソードライン20を流れるカソードガス O_2 の流量を調整する。カソードガス O_2 の流量は、コンプレッサー21の回転速度によって調整される。

【0016】

カソード調圧弁22は、燃料電池スタック10よりも下流のカソードライン20に設けられる。カソード調圧弁22は、カソードライン20を流れるカソードガス O_2 の圧力を調整する。カソードガス O_2 の圧力は、カソード調圧弁22の開度によって調整される。

【0017】

カソードライン20を流れるカソードガス O_2 の流量は、カソード流量センサー201で検出される。このカソード流量センサー201は、コンプレッサー21よりも下流であって燃料電池スタック10よりも上流に設けられる。

【0018】

カソードライン20を流れるカソードガス O_2 の圧力は、カソード圧力センサー202で検出される。このカソード圧力センサー202は、コンプレッサー21よりも下流であって燃料電池スタック10よりも上流に設けられる。さらに図1では、カソード圧力センサー202は、カソード流量センサー201の下流に位置する。

【0019】

アノードライン30には、燃料電池スタック10に供給されるアノードガス H_2 が流れる。アノードライン30には、アノード再循環ライン300が並設される。アノード再循環ライン300は、燃料電池スタック10よりも下流のアノードライン30から分岐し、燃料電池スタック10よりも上流のアノードライン30に合流する。アノードライン30には、ポンベ31と、アノード調圧弁32と、エゼクター33と、アノードポンプ34と、パージ弁35と、が設けられる。

【0020】

ポンベ31には、アノードガス H_2 が高圧状態で貯蔵されている。ポンベ31は、アノードライン30の最上流に設けられる。

【0021】

アノード調圧弁32は、ポンベ31の下流に設けられる。アノード調圧弁32は、ポンベ31から新たにアノードライン30に供給するアノードガス H_2 の圧力を調整する。アノードガス H_2 の圧力は、アノード調圧弁32の開度によって調整される。

【0022】

エゼクター33は、アノード調圧弁32よりも下流に設けられる。エゼクター33は、アノード再循環ライン300がアノードライン30に合流する部分に位置する。このエゼクター33で、アノード再循環ライン300を流れたアノードガス H_2 が、ポンベ31から新たに供給されたアノードガス H_2 に混合される。

【0023】

アノードポンプ34は、エゼクター33の下流に位置する。アノードポンプ34は、エゼクター33を流れたアノードガス H_2 を燃料電池スタック10に送る。

【0024】

10

20

30

40

50

パージ弁 35 は、燃料電池スタック 10 の下流であって、さらにアノード再循環ライン 300 の分岐部分の下流のアノードライン 30 に設けられる。パージ弁 35 が開くと、アノードガス H_2 がパージされる。

【0025】

アノードライン 30 を流れるアノードガス H_2 の圧力は、アノード圧力センサー 301 で検出される。このアノード圧力センサー 301 は、アノードポンプ 34 よりも下流であって燃料電池スタック 10 よりも上流に設けられる。

【0026】

冷却水循環ライン 40 には、燃料電池スタック 10 に供給される冷却水が流れる。冷却水循環ライン 40 には、ラジエーター 41 と、三方弁 42 と、ウォーターポンプ 43 と、
10
が設けられる。また冷却水循環ライン 40 には、バイパスライン 400 が並設される。バイパスライン 400 は、ラジエーター 41 よりも上流から分岐し、ラジエーター 41 よりも下流に合流する。このためバイパスライン 400 を流れる冷却水は、ラジエーター 41 をバイパスする。

【0027】

ラジエーター 41 は、冷却水を冷却する。ラジエーター 41 には、クーリングファン 410 が設けられている。

【0028】

三方弁 42 は、バイパスライン 400 の合流部分に位置する。三方弁 42 は、開度に応じて、ラジエーター側のラインを流れる冷却水の流量と、バイパスラインを流れる冷却水
20
の流量と、を調整する。これによって冷却水の温度が調整される。

【0029】

ウォーターポンプ 43 は、三方弁 42 の下流に位置する。ウォーターポンプ 43 は、三方弁 42 を流れた冷却水を燃料電池スタック 10 に送る。

【0030】

冷却水循環ライン 40 を流れる冷却水の温度は、水温センサー 401 で検出される。この水温センサー 401 は、バイパスライン 400 が分岐する部分よりも上流に設けられる。
。

【0031】

コントローラーは、電流センサー 101、電圧センサー 102、カソード流量センサー 201、カソード圧力センサー 202、アノード圧力センサー 301、水温センサー 401 の信号を入力する。そしてコントローラーは、制御信号を出力して、コンプレッサー 21、カソード調圧弁 22、アノード調圧弁 32、アノードポンプ 34、パージ弁 35、三方弁 42、ウォーターポンプ 43 の作動を制御する。
30

【0032】

このような構成によって、燃料電池スタック 10 は、適温に維持されつつ反応ガス(カソードガス O_2 、アノードガス H_2)が供給されて発電する。燃料電池スタック 10 によって発電された電力は、DC/DC コンバーター 11 を介してバッテリー 12 や負荷 13 に供給される。

【0033】

図 2 は、燃料電池スタックにおける電解質膜の反応を説明する模式図である。
40

【0034】

次に、図 2 を参照して、発明者らの技術思想について説明する。

【0035】

上述のように、燃料電池スタック 10 は、反応ガス(カソードガス O_2 、アノードガス H_2)が供給されて発電する。燃料電池スタック 10 は、電解質膜の両面にカソード電極触媒層及びアノード電極触媒層が形成された膜電極接合体(Membrane Electrode Assembly; MEA)が数百枚積層されて構成される。なお図 2(A)は 1 枚の MEA を示している。ここでは MEA にカソードガスが供給されて(カソードイン)対角側から排出されながら(カソードアウト)、アノードガスが供給されて(アノードイン)対角側から排出される(アノード
50

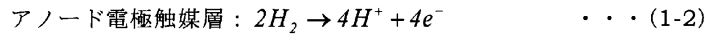
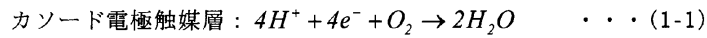
アウト)例が示されている。

【0036】

各膜電極接合体(MEA)は、カソード電極触媒層及びアノード電極触媒層において以下の反応が、負荷に応じて進行して発電する。

【0037】

【数1】



10

【0038】

図2(B)に示すように、反応ガス(カソードガス O_2)がカソード流路を流れるにつれて上式(1-1)の反応が進行し、水蒸気が生成される。するとカソード流路の下流側では相対湿度が高くなる。この結果、カソード側とアノード側との相対湿度差が大きくなる。この相対湿度差をドライビングフォースとして、水が逆拡散しアノード上流側が加湿される。この水分がさらにMEAからアノード流路に蒸発してアノード流路を流れる反応ガス(アノードガス H_2)を加湿する。そしてアノード下流側に運ばれてアノード下流のMEAを加湿する。

【0039】

上記反応によって効率よく発電するには、電解質膜が適度な湿潤状態であることが必要である。

20

【0040】

そこで、本件発明者らは、カソードガス O_2 の流量及び圧力並びに燃料電池スタック1の温度に着目した。

【0041】

すなわち、カソードガス O_2 の流量を増やせば、カソードガス O_2 とともに排出される水分が増える。したがって、電解質膜の湿潤状態を低下させることができる。一方、カソードガス O_2 の流量を減らせば、カソードガス O_2 とともに排出される水分が減る。したがって、電解質膜の湿潤状態を上昇させることができる。

【0042】

30

カソードガス O_2 の圧力が減るのは、カソード調圧弁22の開度が大きくなるときである。したがって、カソード調圧弁22の開度を大きくしてカソードガス O_2 の圧力を下げれば、カソードガス O_2 が排出されやすくなる。この結果、カソードガス O_2 とともに排出される水分も増える。したがって、電解質膜の湿潤状態を低下させることができる。一方、カソードガス O_2 の圧力が減るのは、カソード調圧弁22の開度が小さくなるときである。したがって、カソード調圧弁22の開度を小さくしてカソードガス O_2 の圧力を上げれば、カソードガス O_2 が排出されにくくなる。この結果、カソードガス O_2 とともに排出される水分も減る。したがって、電解質膜の湿潤状態を上昇させることができる。

【0043】

燃料電池スタック1の温度が高くなれば、カソードガス O_2 に含まれる水分量が増える。この結果、カソードガス O_2 とともに排出される水分も増える。したがって、電解質膜の湿潤状態を低下させることができる。一方、燃料電池スタック1の温度が低くなれば、カソードガス O_2 に含まれる水分量が減る。この結果、カソードガス O_2 とともに排出される水分も減る。したがって、電解質膜の湿潤状態を上昇させることができる。

40

【0044】

発明者らは、このような知見を得た。さらにカソードガス O_2 の流量を増やすためにコンプレッサー21の回転速度を上げると、消費電力が増大して燃費が悪化する。そこでできる限りコンプレッサー21の回転速度を低く抑えることが望ましい。発明者らは、このような着想に基づいて本発明を完成するに至った。以下では具体的な内容を説明する。

【0045】

50

図3は、コントローラの湿潤状態制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【0046】

なおブロック図に示される各ブロックは、コントローラーの各機能を仮想ユニットとして示すものであり、各ブロックは物理的な存在を意味しない。

【0047】

湿潤状態制御装置は、コンプレッサー21、カソード調圧弁22、アノード調圧弁32、アノードポンプ34、パージ弁35、三方弁42、ウォーターポンプ43の作動を制御して、燃料電池スタック10の電解質膜の湿潤状態を制御する。具体的には、湿潤状態制御装置は、湿潤状態減少部100と、湿潤状態増大部200と、を含む。

10

【0048】

湿潤状態減少部100は、目標排水量 Q_{H_2O-out} が増える、すなわち湿潤状態が減少するとき、実行される制御部である。湿潤状態減少部100は、目標圧力演算ブロックB101と、目標温度演算ブロックB102と、目標流量演算ブロックB103と、を含む。

【0049】

目標圧力演算ブロックB101は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、最低スタック温度 T_{min} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、目標圧力 P_{target} を演算する。

【0050】

なお目標排水量 Q_{H_2O-out} [NL/min]は次式(2)によって求まる。ここでNLは、Normal Liter、すなわち標準状態でのリットルを示す。

20

【0051】

【数2】

$$Q_{H_2O-out} = Q_{H_2O-in} - Q_{net-water} \quad \dots (2)$$

ただし

$$Q_{H_2O-out} : \text{目標排水量 [NL/min]}$$

$$Q_{H_2O-in} : \text{燃料電池内部での生成水量 [NL/min]}$$

$$Q_{net-water} : \text{目標水収支 [NL/min]}$$

30

【0052】

なお燃料電池内部での生成水量 Q_{H_2O-in} [NL/min]は次式(3)によって求まる。

【0053】

【数3】

$$Q_{H_2O-in} = \frac{NI}{2F} \times 22.4 \times 60 \quad \dots (3)$$

ただし

$$N : \text{燃料電池のセルの枚数}$$

$$I : \text{燃料電池の出力電流 [I]}$$

$$F : \text{ファラデー定数 (96485.39 [C/mol])}$$

$$22.4 : \text{標準状態の理想気体 1 mol の体積 [NL]}$$

$$60 : \text{秒分間の単位変換係数}$$

40

【0054】

目標水収支 $Q_{net-water}$ [NL/min]は、燃料電池の運転状態(負荷状態)に応じて決められた電解質膜の目標湿潤状態を実現するように設定される。

【0055】

目標圧力演算ブロックB101は、このようにして求められた目標排水量 Q_{H_2O-out} と、最低スタック温度 T_{min} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、目標圧力 P_{target} を求める。具体的には、次式(4-1)(4-2)によって、目標圧力 P_{target} を求める。

50

【 0 0 5 6 】

【数 4】

$$P_{target} = P_{sat_min} \frac{Q_{min} + Q_{H2O_out}}{Q_{H2O_out}} \quad \dots (4-1)$$

ただし、

$$P_{sat_min} = 10^{\frac{7.7406 - \frac{1657.46}{227.02 + T_{min}}}{10}} \quad \dots (4-2)$$

【 0 0 5 7 】

10

ここで最低スタック温度 T_{min} とは、燃料電池スタックの湿潤状態を最高にするときのスタック温度である。上述のように、電解質膜の湿潤状態を上昇させるには、燃料電池スタック 1 の温度を低くする。なお燃料電池スタック 1 の温度は、低すぎると凝縮水による発電不良が生じるおそれがある。その一方で、高すぎると燃料電池スタック 1 の劣化が早まる。したがって、燃料電池スタックの湿潤状態を最高にするときのスタック温度とは、これらを総合的に考慮して燃料電池スタックの性能を確保できる範囲で最も低いスタック温度である。同様に、最低カソード流量 Q_{min} とは、燃料電池スタックの湿潤状態を最高にするときのカソード流量である。上述のように、電解質膜の湿潤状態を上昇させるには、カソード流量を減らす。なおカソード流量は、低すぎると供給量不足による発電不良が生じるおそれがある。その一方で、高すぎると音振性能が悪化するおそれがある。したがって燃料電池スタックの湿潤状態を最低にするときのカソード流量とは、これらを総合的に考慮して燃料電池スタックの性能を確保できる範囲で最も低いカソード流量である。これらは、予め実験によって燃料電池の運転状態に応じて設定されている。

20

【 0 0 5 8 】

また P_{sat_min} は、最低スタック温度 T_{min} に対する飽和水蒸気圧であり、アントワンの式に基づいて上式(4-2)が求められる。

【 0 0 5 9 】

以上のようにして、目標圧力演算ブロック B 1 0 1 は、目標排水量 Q_{H2O_out} と、最低スタック温度 T_{min} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、目標圧力 P_{target} を求める。なお目標圧力演算ブロック B 1 0 1 は特許請求の範囲の優先制御部に対応する。

30

【 0 0 6 0 】

目標温度演算ブロック B 1 0 2 は、目標排水量 Q_{H2O_out} と、カソード圧力センサー 2 0 2 で検出された圧力 P_{sens} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、目標温度 T_{target} を求める。具体的には、次式(5-1)(5-2)によって求める。なお式(5-1)は、アントワンの式の逆引きによって求められる。

【 0 0 6 1 】

【数 5】

$$T_{target} = \frac{1657.46}{7.7406 - \log_{10} P_{sat_target}} - 227.02 \quad \dots (5-1)$$

ただし、

$$P_{sat_target} = P_{sens} \frac{Q_{H2O_out}}{Q_{min} + Q_{H2O_out}} \quad \dots (5-2)$$

40

【 0 0 6 2 】

P_{sat_target} は、目標飽和水蒸気圧である。なお本実施形態では、圧力 P_{sens} は、カソード圧力センサー 2 0 2 で検出されたが、予め実験によって燃料電池スタックの圧力損失を求めておいて、それに基づいて推定してもよい。

【 0 0 6 3 】

以上のようにして、目標温度演算ブロック B 1 0 2 は、目標排水量 Q_{H2O_out} と、実圧力 P_{sens} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、目標温度 T_{target} を求める。なお

50

目標温度演算ブロック B 1 0 2 は特許請求の範囲の水温制御部に対応する。

【 0 0 6 4 】

目標流量演算ブロック B 1 0 3 は、目標排水量 $Q_{H2O-out}$ と、カソード圧力センサー 2 0 2 で検出された圧力 P_{sens} と、水温センサー 4 0 1 で検出された水温 T_{sens} と、に基づいて、目標カソード流量 Q_{target} を求める。具体的には、次式(6-1)(6-2)によって求める。

【 0 0 6 5 】

【数 6】

$$Q_{target} = Q_{H2O-out} \frac{P_{sens} - P_{sat-sens}}{P_{sat-sens}} \quad \dots (6-1)$$

10

ただし、

$$P_{sat-sens} = 10^{7.7406 - \frac{1657.46}{227.02 + T_{sens}}} \quad \dots (6-2)$$

【 0 0 6 6 】

$P_{sat-sens}$ は、水温センサー 4 0 1 で検出された水温 T_{sens} における飽和水蒸気圧である。

【 0 0 6 7 】

以上のようにして、目標流量演算ブロック B 1 0 3 は、目標排水量 $Q_{H2O-out}$ と、実圧力 P_{sens} と、実水温 T_{sens} と、に基づいて、目標カソード流量 Q_{target} を求める。なお目標流量演算ブロック B 1 0 3 は特許請求の範囲の補完制御部に対応する。

20

【 0 0 6 8 】

湿潤状態増大部 2 0 0 は、目標排水量 $Q_{H2O-out}$ が減る、すなわち湿潤状態が増大するときに、実行される制御部である。湿潤状態増大部 2 0 0 は、目標流量演算ブロック B 2 0 3 と、目標温度演算ブロック B 2 0 2 と、目標圧力演算ブロック B 2 0 1 と、を含む。

【 0 0 6 9 】

目標流量演算ブロック B 2 0 3 は、目標排水量 $Q_{H2O-out}$ と、最高スタック温度 T_{max} と、最低カソード圧力 P_{min} と、に基づいて、目標カソード流量 Q_{target} を求める。具体的には、次式(7-1)(7-2)によって求める。

【 0 0 7 0 】

【数 7】

$$Q_{target} = Q_{H2O-out} \frac{P_{min} - P_{sat-max}}{P_{sat-max}} \quad \dots (7-1)$$

30

ただし、

$$P_{sat-max} = 10^{7.7406 - \frac{1657.46}{227.02 + T_{max}}} \quad \dots (7-2)$$

【 0 0 7 1 】

ここで最高スタック温度 T_{max} とは、燃料電池スタックの湿潤状態を最低にするときのスタック温度である。上述のように、電解質膜の湿潤状態を下降させるには、燃料電池スタック 1 の温度を高くする。なお燃料電池スタック 1 の温度は、低すぎると凝縮水による発電不良が生じるおそれがある。その一方で、高すぎると燃料電池スタック 1 の劣化が早まる。したがって、燃料電池スタックの湿潤状態を最低にするときのスタック温度とは、これらを総合的に考慮して燃料電池スタックの性能を確保できる範囲で最も高いスタック温度である。同様に、最低カソード圧力 P_{min} とは、燃料電池スタックの湿潤状態を最低にするときのカソード圧力である。上述のように、電解質膜の湿潤状態を下降させるには、カソード圧力を減らす。なおカソード圧力は、低すぎると圧力不足による性能悪化が生じるおそれがある。その一方で、高すぎるとコンプレッサーで実現できないおそれがある。したがって燃料電池スタックの湿潤状態を最低にするときのカソード圧力とは、これらを総合的に考慮して燃料電池スタックの性能を確保できる範囲で最も低いカソード圧力で

40

50

ある。これらは、予め実験によって燃料電池の運転状態に応じて設定されている。

【0072】

以上のようにして、目標流量演算ブロックB203は、目標排水量 $Q_{H_2O_out}$ と、最高スタック温度 T_{max} と、最低カソード圧力 P_{min} と、に基づいて、目標カソード流量 Q_{target} を求める。なお目標流量演算ブロックB203は特許請求の範囲の優先制御部に対応する。

【0073】

目標温度演算ブロックB202は、目標排水量 $Q_{H_2O_out}$ と、最低カソード圧力 P_{min} と、カソード流量センサー201で検出された流量 Q_{sens} と、に基づいて、目標温度 T_{target} を求める。具体的には、次式(8-1)(8-2)によって求める。なお式(8-1)は、アントワンの式の逆引きによって求められる。

【0074】

【数8】

$$T_{target} = \frac{1657.46}{7.7406 - \log_{10} P_{sat_target}} - 227.02 \quad \dots (8-1)$$

ただし、

$$P_{sat_target} = P_{min} \frac{Q_{H_2O_out}}{Q_{sens} + Q_{H_2O_out}} \quad \dots (8-2)$$

【0075】

P_{sat_target} は、目標飽和水蒸気圧である。

【0076】

以上のようにして、目標温度演算ブロックB202は、目標排水量 $Q_{H_2O_out}$ と、最低カソード圧力 P_{min} と、カソード流量センサー201で検出された流量 Q_{sens} と、に基づいて、目標温度 T_{target} を求める。なお目標温度演算ブロックB202は特許請求の範囲の水溫制御部に対応する。

【0077】

目標圧力演算ブロックB201は、目標排水量 $Q_{H_2O_out}$ と、カソード流量センサー201で検出された流量 Q_{sens} と、水溫センサー401で検出された水溫 T_{sens} と、に基づいて、目標カソード圧力 P_{target} を求める。具体的には、次式(9-1)(9-2)によって、目標カソード圧力 P_{target} を求める。

【0078】

【数9】

$$P_{target} = P_{sat_sens} \frac{Q_{sens} + Q_{H_2O_out}}{Q_{H_2O_out}} \quad \dots (9-1)$$

ただし、

$$P_{sat_sens} = 10^{\frac{7.7406 - \frac{1657.46}{227.02 + T_{sens}}}{1}} \quad \dots (9-2)$$

【0079】

P_{sat_sens} は、水溫センサー401で検出された水溫 T_{sens} に対する飽和水蒸気圧であり、式(9-2)は、アントワンの式に基づいて求められる。

【0080】

以上のようにして、目標圧力演算ブロックB201は、目標排水量 $Q_{H_2O_out}$ と、実流量 Q_{sens} と、実水溫 T_{sens} と、に基づいて、目標カソード圧力 P_{target} を求める。なお目標圧力演算ブロックB201は特許請求の範囲の補完制御部に対応する。

【0081】

図4は、目標湿潤状態が下がるときの湿潤制御装置の作動を示すタイミングチャートである。

【0082】

10

20

30

40

50

以上の制御ロジックが実行されると、目標湿潤状態が下がるときは、湿潤制御装置は以下のように作動する。

【 0 0 8 3 】

時刻 t_{11} で、目標湿潤状態が下がると、湿潤制御装置の湿潤状態減少部 100 が作動を開始する。

【 0 0 8 4 】

目標圧力 P_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、最低スタック温度 T_{min} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて設定される。目標温度 T_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、実圧力 P_{sens} と、最低カソード流量 Q_{min} と、に基づいて、設定される。目標カソード流量 Q_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、実圧力 P_{sens} と、実水温 T_{sens} と、に基づいて設定される。

10

【 0 0 8 5 】

目標圧力 P_{target} は、湿潤状態を最高にするときのスタック温度(最低スタック温度 T_{min})及びカソード流量(最低カソード流量 Q_{min})に基づいて設定されるので、最も変動しやすい。そこでまず最初は優先的に目標圧力 P_{target} が下がる。そして、この目標圧力 P_{target} が実現されるように、カソード調圧弁 22 が制御される。するとカソード圧力がほとんど応答遅れなく低下する。

【 0 0 8 6 】

目標圧力 P_{target} の変更だけでは、調整しきれなければ、時刻 t_{12} で、目標温度 T_{target} が変動しはじめる。すなわち目標温度 T_{target} の設定には、限界値(最低カソード流量 Q_{min})が用いられる。また上述のようにして調整されたカソード圧力のセンサー検出値 P_{sens} がフィードバックされる。このためカソード圧力だけは調整しきれない分が、冷却水の温度の変更で調整されることとなる。なお冷却水の温度は、目標値が変わっても変動しにくく応答遅れが生じやすい。冷却水の温度は、水温センサー 401 で検出されており、この温度がフィードバックされてカソード流量が決められるので、冷却水の温度の応答遅れがカソード流量で補完される。

20

【 0 0 8 7 】

目標温度 T_{target} の変更でも、調整しきれなければ、時刻 t_{13} で、目標カソード流量 Q_{target} が変動しはじめる。すなわち、カソード圧力センサー 202 で検出された圧力 P_{sens} と、水温センサー 401 で検出された水温 T_{sens} と、がフィードバックされて、カソード流量が決められるので、目標圧力 P_{target} 及び目標温度 T_{target} の変更で調整しきれない分がカソード流量で補完されることとなる。

30

【 0 0 8 8 】

図 5 は、目標湿潤状態が上がるときの湿潤制御装置の作動を示すタイミングチャートである。

【 0 0 8 9 】

時刻 t_{21} で、目標湿潤状態が上がると、湿潤制御装置の湿潤状態増大部 200 が作動を開始する。

【 0 0 9 0 】

目標カソード流量 Q_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、最高スタック温度 T_{max} と、最低カソード圧力 P_{min} と、に基づいて設定される。目標温度 T_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、最低カソード圧力 P_{min} と、実流量 Q_{sens} と、に基づいて設定される。目標カソード圧力 P_{target} は、目標排水量 Q_{H_2O-out} と、実流量 Q_{sens} と、実水温 T_{sens} と、に基づいて設定される。

40

【 0 0 9 1 】

目標流量 Q_{target} は、湿潤状態を最低にするときのスタック温度(最高スタック温度 T_{max})及びカソード圧力(最低カソード圧力 P_{min})に基づいて設定されるので、最も変動しやすい。そこでまず最初は優先的に目標流量 Q_{target} が下がる。そして、この目標流量 Q_{target} が実現されるように、コンプレッサー 21 が制御される。するとカソード流量がほとんど応答遅れなく低下する。

50

【 0 0 9 2 】

目標流量 Q_{target} の変更だけでは、調整しきれなければ、時刻 t_{22} で、目標温度 T_{target} が変動しはじめる。すなわち目標温度 T_{target} の設定には、限界値（最低カソード圧力 P_{min} ）が用いられる。また上述のようにして調整されたカソード流量のセンサー検出値 Q_{sens} がフィードバックされる。このためカソード流量だけは調整しきれない分が、冷却水の温度の変更で調整されることとなる。なお冷却水の温度は、目標値が変わっても変動しにくく応答遅れが生じやすい。冷却水の温度は、水温センサー 401 で検出されており、この温度がフィードバックされてカソード圧力が決められるので、冷却水の温度の応答遅れがカソード圧力で補完される。

【 0 0 9 3 】

目標温度 T_{target} の変更でも、調整しきれなければ、時刻 t_{23} で、目標カソード圧力 P_{target} が変動しはじめる。すなわち、カソード流量センサー 201 で検出された流量 Q_{sens} と、水温センサー 401 で検出された水温 T_{sens} と、がフィードバックされて、カソード圧力が決められるので、目標流量 Q_{target} 及び目標温度 T_{target} の変更で調整しきれない分がカソード圧力で補完されることとなる。

【 0 0 9 4 】

本実施形態によれば、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を下げる時には、まず目標圧力を下げてカソード調圧弁 22 を開く。次に目標冷却水温を上げて三方弁 42 を制御する。そして最後に目標流量を上げてコンプレッサー 21 の回転速度を上げる。このようにすることで、コンプレッサー 21 の回転速度の上昇が、可能な限り抑制されることとなる。コンプレッサーの回転速度が上昇するほど、消費電力が増大し燃費が悪化するが、本実施形態では、可能な限りコンプレッサー 21 の回転速度の上昇が抑制されるので、消費電力が抑えられて燃費が向上する。

【 0 0 9 5 】

また本実施形態によれば、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を上げるときには、まず目標流量を下げてコンプレッサー 21 の回転速度を下げる。次に目標冷却水温を下げて三方弁 42 を制御する。そして最後に目標圧力を上げてカソード調圧弁 22 を閉じる。このようにすることで、コンプレッサー 21 の回転速度が、可能な限り早めに低下することとなる。上述のようにコンプレッサーの回転速度が上昇するほど、消費電力が増大し燃費が悪化する。換言すれば、コンプレッサーの回転速度が低下するほど、消費電力が抑えられて燃費が向上する。本実施形態では、コンプレッサー 21 の回転速度が、可能な限り早めに低下するので、燃費が向上するのである。

【 0 0 9 6 】

さらに本実施形態では、目標圧力演算ブロック B101 と目標圧力演算ブロック B201 との制御ロジックは同じである。また目標温度演算ブロック B102 と目標温度演算ブロック B202 との制御ロジックも同じである。さらに目標流量演算ブロック B103 と目標流量演算ブロック B203 との制御ロジックも同じである。そしてこれらの制御ブロックに入力される信号をのみ変えることで、燃料電池の湿潤状態を低めて乾燥させたり、燃料電池の湿潤状態を高めて湿潤させたりしている。このように同一の制御ロジックでありながら、入力値を変えるだけで、圧力・温度・流量の制御順位を変えて、燃料電池の湿潤状態を制御できるのである。

【 0 0 9 7 】

（第 2 実施形態）

図 6 は、本発明による湿潤状態制御装置の第 2 実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【 0 0 9 8 】

なお以下では前述と同様の機能を果たす部分には同一の符号を付して重複する説明を適宜省略する。

【 0 0 9 9 】

運転モードによっては、三方弁 42 を制御しない。また何らかのトラブルによって三方

10

20

30

40

50

弁42を制御できない可能性がある。このようなときには、目標圧力演算ブロックB101は、最低スタック温度 T_{min} に代えて、水温センサー401で検出された水温 T_{sens} を用いて目標圧力 P_{target} を演算する。また目標流量演算ブロックB203は、最高スタック温度 T_{max} に代えて、水温センサー401で検出された水温 T_{sens} を用いて目標圧力 P_{target} を演算する。

【0100】

本実施形態のようにすることで、三方弁42を制御しない運転モードや、何らかのトラブルによって三方弁42を制御できない場合にも対応することができる。また本実施形態でも、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を下げるときには、まず目標圧力を下げてカソード調圧弁22を開く。次に目標流量を上げてコンプレッサー21の回転速度を上げる。このようになるので、コンプレッサー21の回転速度の上昇が、可能な限り抑制されることとなり、消費電力が抑えられて燃費が向上する。また、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を上げるときには、まず目標流量を下げてコンプレッサー21の回転速度を下げる。次に目標圧力を上げてカソード調圧弁22を閉じる。このようになるので、コンプレッサー21の回転速度が、可能な限り早めに低下することとなり、消費電力が抑えられて燃費が向上するのである。

【0101】

(第3実施形態)

図7は、本発明による湿潤状態制御装置の第3実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【0102】

運転モードによっては、カソード調圧弁22を制御しない。また何らかのトラブルによってカソード調圧弁22を制御できない可能性がある。このようなときには、目標流量演算ブロックB203は、最低カソード圧力 P_{min} に代えて、カソード圧力センサー202で検出された圧力 P_{sens} を用いて目標カソード流量 Q_{target} を求める。また目標温度演算ブロックB202は、最低カソード圧力 P_{min} に代えて、カソード圧力センサー202で検出された圧力 P_{sens} を用いて目標温度 T_{target} を求める。

【0103】

本実施形態のようにすることで、カソード調圧弁22を制御しない運転モードや、何らかのトラブルによってカソード調圧弁22を制御できない場合にも対応することができる。また本実施形態でも、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を下げるときには、まず目標冷却水温を上げて三方弁42を制御する。次に目標流量を上げてコンプレッサー21の回転速度を上げる。このようになるので、コンプレッサー21の回転速度の上昇が、可能な限り抑制されることとなり、燃費が向上する。また、燃料電池の目標湿潤状態が変更されて、湿潤状態を上げるときには、まず目標流量を下げてコンプレッサー21の回転速度を下げる。次に目標冷却水温を下げて三方弁42を制御する。このようになるので、コンプレッサー21の回転速度が、可能な限り早めに低下することとなり、燃費が向上するのである。

【0104】

(第4実施形態)

図8は、本発明による湿潤状態制御装置の第4実施形態におけるコントローラの制御にかかる機能をブロック図として表したものである。

【0105】

運転モードによっては、コンプレッサー21を制御しない。また何らかのトラブルによってコンプレッサー21を制御できない可能性がある。このようなときには、目標圧力演算ブロックB101は、最低カソード流量 Q_{min} に代えて、カソード流量センサー201で検出された流量 Q_{sens} を用いて目標カソード圧力 P_{target} を求める。また目標温度演算ブロックB102は、最低カソード流量 Q_{min} に代えて、カソード流量センサー201で検出された流量 Q_{sens} を用いて、目標温度 T_{target} を求める。

【0106】

本実施形態のようにすることで、コンプレッサー 21 を制御しない運転モードや、何らかのトラブルによってコンプレッサー 21 を制御できない場合にも対応することができる。

【0107】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

【0108】

たとえば、燃料電池の湿潤状態とは、燃料電池の水収支（たとえば「水収支=生成される水 - 排出される水」で定義される）であってもよいし、燃料電池の電解質膜の抵抗であってもよいし、その他の燃料電池の湿潤状態を表すものであってもよい。

【0109】

また冷却水の温度に代えて、燃料電池自体の温度や、空気の温度を用いてもよい。

【0110】

さらに上記各実施形態では、目標圧力演算ブロック B101 では、目標圧力 P_{target} を設定するときに、湿潤状態を最高にするときのスタック温度(最低スタック温度 T_{min})及びカソード流量(最低カソード流量 Q_{min})を用いる。目標温度演算ブロック B102 では、目標温度 T_{target} を設定するときに、湿潤状態を最高にするときのカソード流量(最低カソード流量 Q_{min})を用いる。目標流量演算ブロック B203 では、目標流量 Q_{target} を設定するときに、湿潤状態を最低にするときのスタック温度(最高スタック温度 T_{max})及びカソード圧力(最低カソード圧力 P_{min})を用いる。目標温度演算ブロック B202 では、目標温度 T_{target} を設定するときに、湿潤状態を最低にするときのカソード圧力(最低カソード圧力 P_{min})を用いる。このように限界値(最大値、最小値)を用いれば、最も効果が大きい。しかしながら、最大値よりも小さめ、最小値よりも大きめのものを使用してもよい。このようにしても相応の効果は得られる。

【0111】

さらにまた、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

【符号の説明】

【0112】

- 10 燃料電池スタック
- 20 カソードライン
- 21 コンプレッサー
- 22 カソード調圧弁
- 201 カソード流量センサー
- 202 カソード圧力センサー
- 30 アノードライン
- 40 冷却水循環ライン
- 400 バイパスライン
- 41 ラジエーター
- 42 三方弁
- 43 ウォーターポンプ
- 401 水温センサー
- 100 湿潤状態減少部
- B101 目標圧力演算ブロック(優先制御部)
- B102 目標温度演算ブロック(水温制御部)
- B103 目標流量演算ブロック(補完制御部)
- 200 湿潤状態増大部
- B201 目標圧力演算ブロック(補完制御部)
- B202 目標温度演算ブロック(水温制御部)
- B203 目標流量演算ブロック(優先制御部)

10

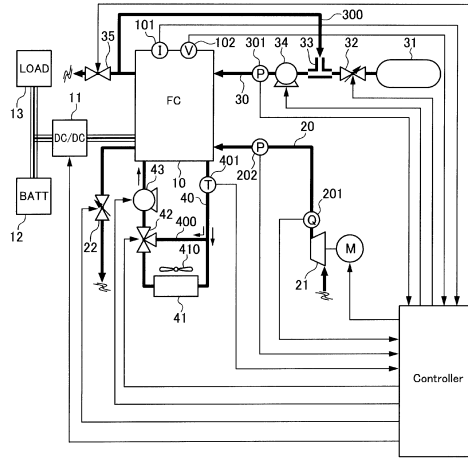
20

30

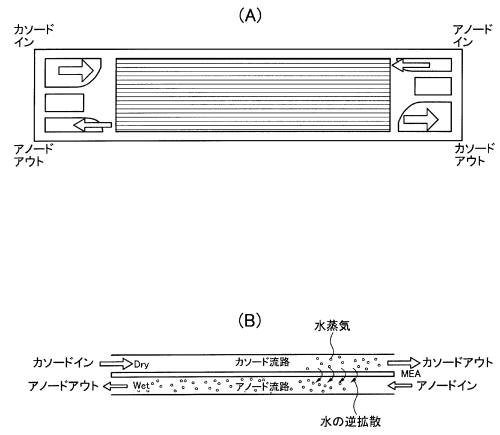
40

50

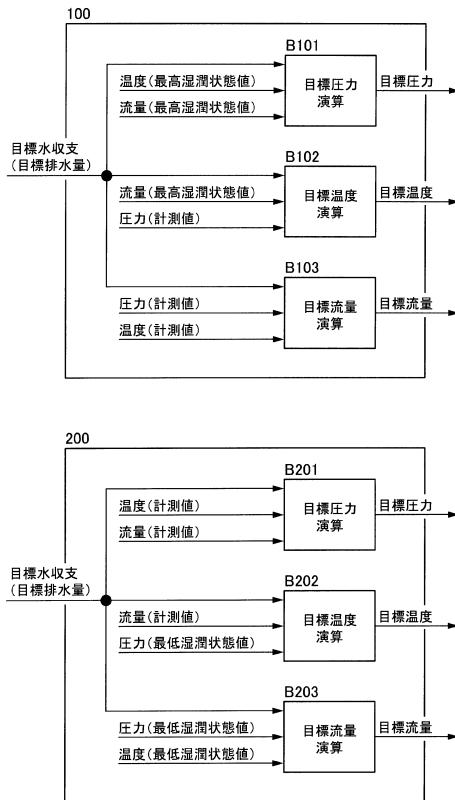
【図1】



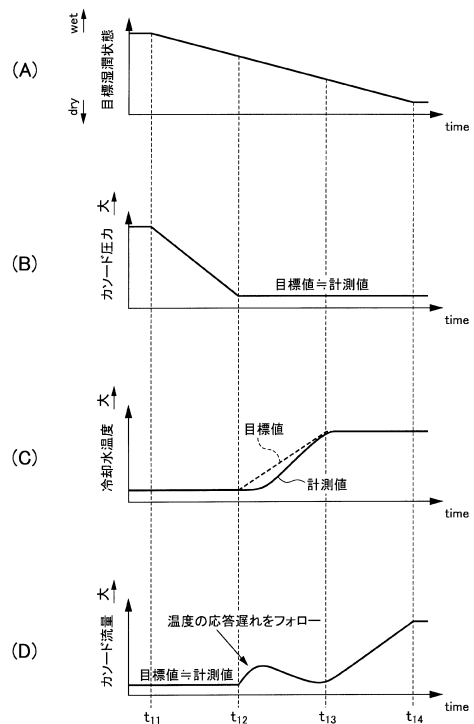
【図2】



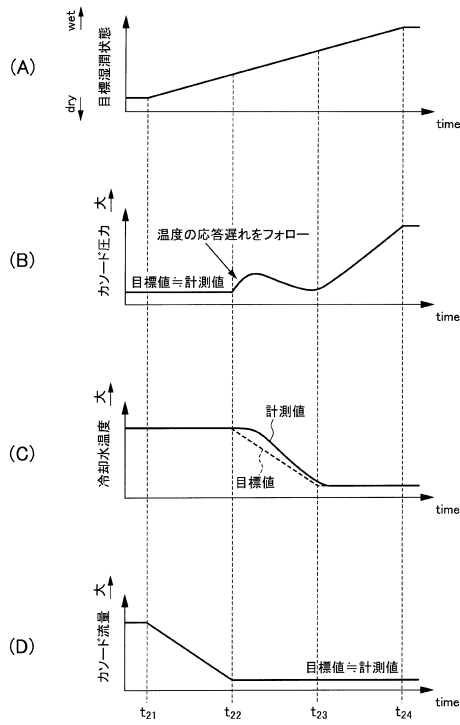
【図3】



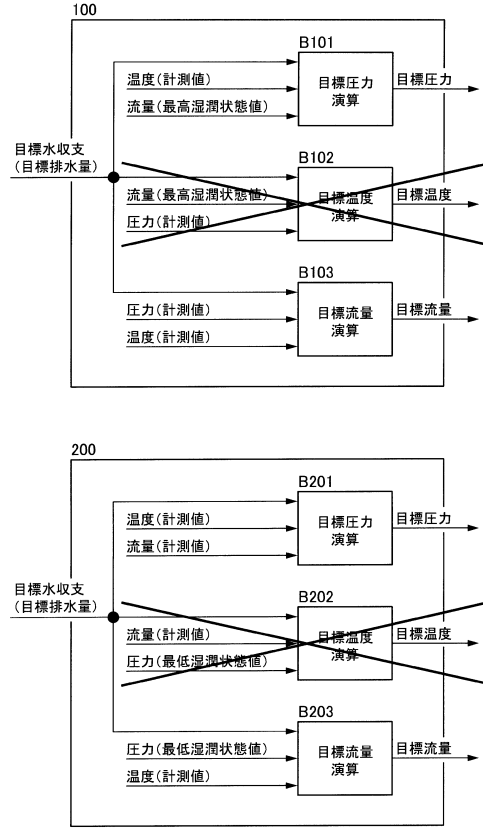
【図4】



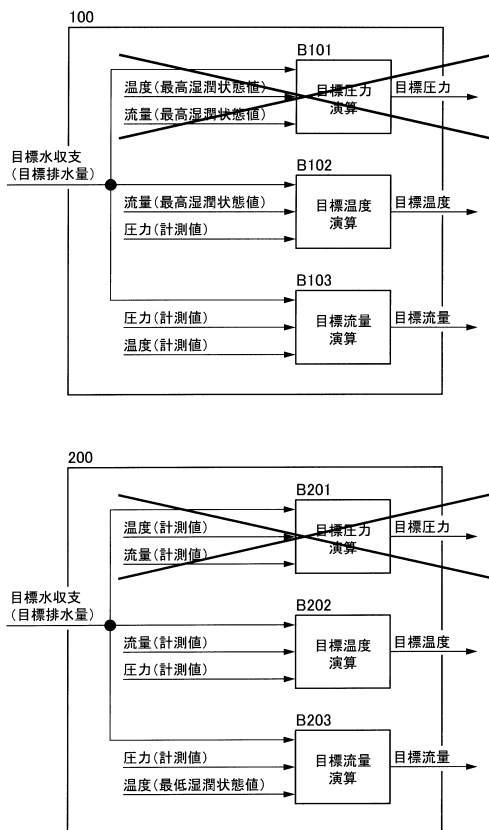
【図5】



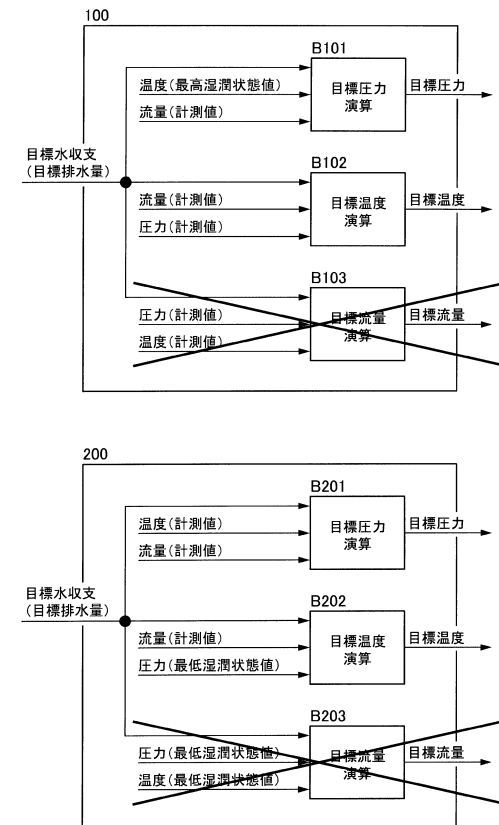
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 充彦
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 久保田 創

(56)参考文献 特開2007-115488(JP,A)
特開2000-243418(JP,A)
特開2006-351506(JP,A)
特開2007-123095(JP,A)
特開2009-231225(JP,A)
特開2006-004819(JP,A)

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