

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6183435号
(P6183435)

(45) 発行日 平成29年8月23日 (2017. 8. 23)

(24) 登録日 平成29年8月4日 (2017. 8. 4)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04746 (2016. 01)	HO 1 M 8/04 A
HO 1 M 8/04 (2016. 01)	HO 1 M 8/04 J
HO 1 M 8/10 (2016. 01)	HO 1 M 8/10

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-199144 (P2015-199144)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成27年10月7日 (2015. 10. 7)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2016-81918 (P2016-81918A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成28年5月16日 (2016. 5. 16)	(74) 代理人	100087480
審査請求日	平成28年4月14日 (2016. 4. 14)		弁理士 片山 修平
(31) 優先権主張番号	特願2014-208419 (P2014-208419)	(72) 発明者	村田 成亮
(32) 優先日	平成26年10月9日 (2014. 10. 9)		愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

審査官 久保田 創

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】

カソード電極、アノード電極、これらの間に配置された電解質膜を有する単セルを複数積層して形成されるとともに、内部にカソード流路とアノード流路とが形成された燃料電池スタックと、

カソードガスを吐出する第1のポンプが配置されるとともに、前記カソード流路の入口側に接続されるカソードガス供給流路と、

背圧弁が配置されるとともに、前記カソード流路の出口側に接続されるカソードオフガス排出流路と、

前記カソードガス供給流路内の前記第1のポンプよりも下流側と前記カソードオフガス排出流路内の前記背圧弁よりも上流側とを接続し、カソードオフガスを吐出する第2のポンプが配置されるとともに、前記カソードオフガスを前記カソードオフガス排出流路から前記カソードガス供給流路に循環させる循環流路と、

アイドル運転の要求があったときに、カソード背圧が、負荷運転時のカソード背圧よりも高くなるように前記第2のポンプを運転し、前記カソードオフガスを循環させるカソード循環制御を実施するとともに、前記アイドル運転から負荷運転に移行した後に、前記燃料電池スタック内の酸素濃度が所定値に到達するまでの期間、前記背圧弁の開度を前記アイドル運転時よりも大きくしてカソード背圧を前記アイドル運転時のカソード背圧よりも低下させる減圧制御を実施する制御部と、
を備える燃料電池システム。

10

20

【請求項 2】

前記制御部は、前記アイドル運転時に、前記背圧弁を閉じて前記カソード循環制御を実施する、請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記制御部は、前記アイドル運転時に、前記第 1 のポンプにカソードガスを吐出させることにより前記カソード背圧を上昇させる請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記制御部は、前記アイドル運転から前記負荷運転への移行時に、前記背圧弁を全開にし、前記カソード背圧を低下させ、大気圧に近づける減圧制御を実施する、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

10

【請求項 5】

前記背圧弁に並列させた開放弁をさらに備え、前記制御部は、前記アイドル運転から前記負荷運転への移行時に、前記開放弁を開放させる請求項 4 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

カソード電極、アノード電極、これらの間に配置された電解質膜を有する単セルを複数積層して形成されるとともに、内部にカソード流路とアノード流路とが形成された燃料電池スタックと、

カソードガスを吐出する第 1 のポンプが配置されるとともに、前記カソード流路の入口側に接続されるカソードガス供給流路と、

背圧弁が配置されるとともに、前記カソード流路の出口側に接続されるカソードオフガス排出流路と、

20

前記背圧弁に並列させた開放弁と、

前記カソードガス供給流路内の前記第 1 のポンプよりも下流側と前記カソードオフガス排出流路内の前記背圧弁よりも上流側とを接続し、カソードオフガスを吐出する第 2 のポンプが配置されるとともに、前記カソードオフガスを前記カソードオフガス排出流路から前記カソードガス供給流路に循環させる循環流路と、

アイドル運転の要求があったときに、前記第 2 のポンプを運転し、前記カソードオフガスを循環させるカソード循環制御を実施するとともに、前記アイドル運転から負荷運転に移行した後に、前記背圧弁を全開にすると共に、前記開放弁を開放させてカソード背圧を低下させ、大気圧に近づける減圧制御を実施する制御部と、

30

を備え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】**【0002】**

燃料電池システムが発電待機中にある場合に、カソード電極が高電位となることを回避するために、発電待機中にカソードガスを循環させて電圧を低下させることが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。発電待機中のカソード電極の高電位が回避されると、燃料電池の劣化が抑制される。このような技術に関連する他の文献として特許文献 2 がある。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2009 - 252552 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 115317 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

50

ところで、特許文献 1 や特許文献 2 で開示されているように、発電待機状態においてカソードガスの循環制御が行われる燃料電池システムでは、その循環制御により、スタック内部のカソードガス内の酸素濃度が低くなっている。このため、発電待機状態から発電要求状態に切り替わる際に、カソードガスの循環制御を停止し、エア供給コンプレッサによる空気供給量を増加させても、スタックの全域に酸素が供給され、高出力発電が可能になるまでに時間がかかる。このような酸素の供給遅れが生じると、燃料電池システムの効率が低下する。酸素の供給遅れは、低酸素濃度のカソードガスで満たされた燃料電池スタック内のガス置換に時間がかかることに起因する。

【0005】

そこで、本明細書開示の燃料電池システムは、カソードガスの循環制御後の燃料電池スタック内のガス置換を速やかに行うことを課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

かかる課題を解決するために、本明細書に開示された燃料電池システムは、カソード電極、アノード電極、これらの間に配置された電解質膜を有する単セルを複数積層して形成されるとともに、内部にカソード流路とアノード流路とが形成された燃料電池スタックと、カソードガスを吐出する第 1 のポンプが配置されるとともに、前記カソード流路の入口側に接続されるカソードガス供給流路と、背圧弁が配置されるとともに、前記カソード流路の出口側に接続されるカソードオフガス排出流路と、前記カソードガス供給流路内の前記第 1 のポンプよりも下流側と前記カソードオフガス排出流路内の前記背圧弁よりも上流側とを接続し、カソードオフガスを吐出する第 2 のポンプが配置されるとともに、前記カソードオフガスを前記カソードオフガス排出流路から前記カソードガス供給流路に循環させる循環流路と、アイドル運転の要求があったときに、カソード背圧が、負荷運転時のカソード背圧よりも高くなるように前記第 2 のポンプを運転し、前記カソードオフガスを循環させるカソード循環制御を実施するとともに、前記アイドル運転から負荷運転に移行した後に、前記燃料電池スタック内の酸素濃度が所定値に到達するまでの期間、前記背圧弁の開度を前記アイドル運転時よりも大きくしてカソード背圧を前記アイドル運転時のカソード背圧よりも低下させる減圧制御を実施する制御部と、を備える。これにより、カソードガスの循環制御後の燃料電池スタック内のガス置換を速やかに行うことができる。

20

【0007】

前記制御部は、前記アイドル運転時に、前記背圧弁を閉じて前記カソード循環制御を実施してもよい。また、前記制御部は、前記アイドル運転時に、前記第 1 のポンプにカソードガスを吐出させることにより前記カソード背圧を上昇させてもよい。さらに、前記制御部は、前記アイドル運転から前記負荷運転への移行時に、前記背圧弁を全開にし、前記カソード背圧を低下させ、大気圧に近づける減圧制御を実施してもよい。これにより、より効率的に燃料電池スタック内のガス置換を行うことができる。

30

【0008】

また、燃料電池システムは、前記背圧弁に並列させた開放弁をさらに備え、前記制御部は、前記アイドル運転から前記負荷運転への移行時に、前記開放弁を開放させるようにしてもよい。これにより、さらにガス置換の効率を高めることができる。

40

【発明の効果】

【0009】

本明細書開示の燃料電池システムによれば、カソードガスの循環制御後の燃料電池スタック内のガス置換を速やかに行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】図 1 は第 1 実施形態の燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図 2】図 2 は第 1 実施形態における燃料電池システムの制御の一例を示すフローチャートである。

【図 3】図 3 は第 1 実施形態における燃料電池システムの指令及び各部の動作を示すタイ

50

ムチャートの一例である。

【図４】図４は比較例における燃料電池システムの指令及び各部の動作を示すタイムチャートの一例である。

【図５】図５は第２実施形態における燃料電池システムの制御の一例を示すフローチャートである。

【図６】図６は第２実施形態における燃料電池システムの指令及び各部の動作を示すタイムチャートの一例である。

【図７】図７はカソード循環運転停止後のスタック内ガス置換率を示すグラフである。

【図８】図８は第３実施形態の燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

10

【００１１】

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。ただし、図面中、各部の寸法、比率等は、実際のもものと完全に一致するようには図示されていない場合がある。また、図面によっては細部が省略されて描かれている場合もある。

【００１２】

（第１実施形態）

まず、図１を参照しつつ、第１実施形態の燃料電池システム１について説明する。図１は第１実施形態の燃料電池システム１の概略構成を示す説明図である。燃料電池システム１は、車両、船舶、飛行機、ロボットなどの各種移動体に搭載できるほか、定置型電源にも適用可能である。ここでは、自動車に搭載した燃料電池システム１を例に説明する。燃料電池システム１は、固体高分子電解質型の燃料電池２を含む。燃料電池２は、カソード電極、アノード電極、これらの間に配置された電解質膜を有する単セルを複数積層して形成されるとともに、内部にカソード流路３ａとアノード流路３ｂとが形成された燃料電池スタック３を含む。電解質膜は、例えば、固体ポリマーイオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜である。なお、図１において単セルの図示は省略されている。また、燃料電池スタック３内には、図示されていない冷媒流路が設けられている。燃料電池スタック３には、アノード電極に水素ガス、すなわち、アノードガスが供給されると共に、カソード電極に酸素を含む空気、すなわち、カソードガスが供給される。そして、アノード電極における触媒反応により発生した水素イオンが、電解質膜を透過し、カソード電極まで移動して、酸素と電気化学反応を起こすことにより発電する。燃料電池スタック３には、発電した電気の電圧値を測定する電圧計Ｖと電流値を測定する電流計Ａが接続されている。

20

30

【００１３】

燃料電池スタック３のカソード流路３ａの入口３ａ１側には、カソードガス供給流路４が接続されている。カソードガス供給流路４には、カソードガスを吐出する第１のポンプＰ１が配置されている。第１のポンプＰ１は、ルーツ式のポンプであり、駆動停止状態において、空気の流通を遮断することができる。また、カソードガス供給流路４には、カソード流路３ａの入口３ａ１と第１のポンプＰ１との間にインタークーラ５が配置されている。インタークーラ５は、燃料電池スタック３内を循環する冷媒との間で熱交換を行う。

【００１４】

燃料電池スタック３のカソード流路３ａの出口３ａ２側には、カソードオフガス排出流路６が接続されている。カソードオフガス排出流路６には、圧力計Ｐが設置されている。圧力計Ｐは後に説明するカソード背圧を計測する。カソードオフガス排出流路６には、さらに、圧力計Ｐよりも下流側に背圧弁７が配置されている。背圧弁７は、カソードオフガス排出流路６の背圧弁７よりも上流側の領域の圧力、すなわち、カソード背圧を調整する。カソード背圧は、圧力計Ｐにより把握することができる。

40

【００１５】

燃料電池システム１は、カソードガス供給流路４とカソードオフガス排出流路６とを接続する循環流路８を備える。具体的に、循環流路８は、カソードガス供給流路４内の第１のポンプＰ１よりも下流側とカソードオフガス排出流路６内の背圧弁７よりも上流側とを接続している。循環流路８には、カソードオフガスを吐出する第２のポンプＰ２が配置さ

50

れている。これにより、循環流路 8 は、カソードオフガスをカソードオフガス排出流路 6 からカソードガス供給流路 4 に循環させる。これにより、カソードオフガスを、再度、カソードガス供給流路 4 を通じてカソード流路 3 a に供給することができる。後に詳説するように、アイドル運転の要求があったときには、第 2 のポンプ P 2 を運転し、カソードオフガスを循環させるカソード循環制御が実施される。

【0016】

燃料電池スタック 3 のアノード流路 3 b の入口 3 b 1 側には、アノード供給流路 9 が接続されている。アノード供給流路 9 の端部には、水素供給源となる水素タンク 10 が接続されている。水素タンク 10 内には、高圧の水素が貯留されている。アノード供給流路 9 には、水素の供給を遮断するシャット弁 11 と、水素の圧力を減圧するレギュレータ 12

10

【0017】

燃料電池スタック 3 のアノード流路 3 b の出口 3 b 2 側には、排気管 13 が接続されている。排気管 13 は、分岐点 13 a において、循環流路 14 とパージ流路 15 とに分岐している。循環流路 14 には、第 3 のポンプ P 3 が配置されている。循環流路 14 に第 3 のポンプ P 3 が配置されることにより、アノードオフガスをアノード流路 3 b へ再度供給することができる。分岐点 13 a において分岐したパージ流路 15 は、カソードオフガス排出流路 6 に設けられた背圧弁 7 の下流側に接続されている。パージ流路 15 には、パージ弁 16 が配置されている。パージ弁 16 を開弁することにより、循環させないアノードオフガスをカソードオフガスとともに排出することができる。

20

【0018】

燃料電池システム 1 は、ECU (Electronic Control Unit) 17 を備える。ECU 17 は、内部に CPU、ROM、RAM を備えたマイクロコンピュータとして構成されており、制御部として機能する。すなわち、燃料電池システム 1 に対し、アイドル運転の要求があったときに、第 2 のポンプ P 2 を運転し、カソードオフガスを循環させるカソード循環制御を実施する。このとき、ECU 17 は、背圧弁 7 を閉じる。また、アイドル運転から負荷運転に移行した後に、燃料電池スタック 3 内の酸素濃度が所定値に達するまでの期間、背圧弁 7 の開度を大きくしてカソード背圧を低下させる減圧制御を実施する。また、ECU 17 には、圧力計 P、電圧計 V、電流計 A が電氣的に接続されている。また、ECU 17 には、第 1 のポンプ P 1、第 2 のポンプ P 2 及び第 3 のポンプ P 3 が接続されてお

30

【0019】

つぎに、図 2、図 3 及び図 4 を参照しつつ、第 1 実施形態の燃料電池システム 1 の制御について説明する。図 2 は第 1 実施形態における燃料電池システム 1 の制御の一例を示す

50

フローチャートである。図3は第1実施形態における燃料電池システム1の指令値及び各部の動作を示すタイムチャートの一例である。図4は比較例における燃料電池システムの指令及び各部の動作を示すタイムチャートの一例である。なお、比較例の燃料電池システムのハード構成は、第1実施形態の燃料電池システム1と共通しているが、その制御の内容において両者は異なっている。以下の説明では、まず第1実施形態の燃料電池システム1の制御について説明し、第1実施形態と比較例の制御の相違及び効果の相違については、後に詳述する。

【0020】

まず、燃料電池システム1が、負荷運転を行っている状態を想定する。図3における参照符号T1で示す期間は、燃料電池システム1が負荷運転をしている期間を示している。燃料電池システム1が負荷運転をしているときの出力要求は、Highとなっている。ここで、図3における出力要求をHighの状態とすることは、燃料電池システム1に対して所定値以上の出力要求があることを表現している。出力要求がHighになっているとき、ECU17が、カソード背圧として設定する圧力要求値は、大気圧よりも高い圧力p1である。このECU17の圧力要求値p1の設定に伴って、圧力計Pによって測定される実圧力（カソード背圧）もp1となっている。また、ECU17は、第1のポンプP1の吐出流量要求値をHighに設定し、これに伴って、第1のポンプP1の実際の吐出流量もHighとなっている。一方、ECU17は、第2のポンプP2の吐出流量要求値を0に設定し、これに伴って、第2のポンプP2の実際の吐出流量は0となっている。すなわち、カソード循環制御は行われていない。ここで、第1のポンプP1の吐出流量要求値がHighとは、第1のポンプP1がON（運転）状態であり、第1のポンプP1の吐出流量要求値が0とは、第1のポンプP1がOFF（停止）状態であることを意味する。このような負荷運転状態のとき、スタック内酸素濃度は、Fullの状態となっている。ここで、スタック内酸素濃度がFullの状態とは、燃料電池スタック3に設けられたカソード流路3aの入口3a1における酸素濃度が外気中の酸素濃度と略同等の状態であり、燃料電池システム1が所望の出力を得ることができる負荷運転に対応可能な状態であることを意味する。スタック内酸素濃度が高い状態となることにより、スタック出力は、高出力（High）を実現することができる状態となっている。なお、図3では、省略されているが、負荷運転時において、第3のポンプP3の吐出流量もHigh状態、すなわち、アノードガスの循環が行われている。

【0021】

上述のように、ECU17は、アクセル開度センサ、ブレーキセンサ、パーキングブレーキセンサ等の検出情報等に応じて、燃料電池システム1がアイドル運転を要求されているか否かを判断する。そして、時刻t1のタイミングでアイドル運転が要求されていると判断すると、ステップS1においてYESと判断し、出力要求をIdleに設定する。そして、図3中の期間T2において実施される、カソード循環制御へ移行する。具体的に、ステップS2へ進み、出力目標値をw1に設定する。ここで、出力目標値とされるw1は、以後の燃料電池システム1の稼働に必要とされる電力を賄うことができる出力値として設定されている。例えば、w1は、第2のポンプP2の駆動等に求められる電力を賄うことができる出力値に設定される。

【0022】

ステップS2に引き続き行われるステップS3では、カソード循環制御を開始する。すなわち、ECU17は、第1のポンプP1を停止するとともに、第2のポンプP2の運転を開始する。さらに、背圧弁7を閉弁する。具体的に、図3に示すように、第1のポンプP1の吐出流量要求値が0に設定され、これに伴って第1のポンプP1の吐出流量が0となる。また、第2のポンプP2の吐出流量要求値がHighとなり、この吐出流量要求値の設定に伴って、実際の第2のポンプP2の吐出流量がHighとなる。なお、実際の第2のポンプP2の吐出流量は、吐出流量0の状態から立ち上がるため、徐々に吐出流が増し、最終的な吐出流量に到達する。ここで、第2のポンプP2の吐出流要求値は、厳密な値を請求されるものではなく、第2のポンプP2が駆動されることにより、カソードオフ

10

20

30

40

50

ガスを流通させることができるようになればよい。このように、第 1 のポンプ P 1 の運転が停止され、第 2 のポンプ P 2 の運転が開始されると、燃料電池システム 1 内に新気が導入されずに、カソードオフガスが循環することになる。すなわち、カソード流路 3 a に導入される新気が減る。この結果、スタック内酸素濃度が F u l l の状態から徐々に低下する。このように、燃料電池スタック 3 内の酸素濃度が低下すると、スタック出力は、アイドル運転が開始される時刻 t 1 における出力と比較して低下する。なお、時刻 t 1 からのアイドル要求状態において、圧力要求値は、時刻 t 1 以前と同様に圧力 p 1 に維持されている。ここで、第 1 のポンプ P 1 の運転が停止されているにもかかわらず、実圧力が p 1 に保たれるのは、背圧弁 7 が閉弁されるためである。第 1 実施形態では、ステップ S 2 に引き続いてステップ S 3 を実施しているが、ステップ S 2 と、ステップ S 3 は、同時に
10
行ってもよいし、順番を入れ替えてもよい。なお、本実施形態におけるステップ S 3 では、背圧弁 7 を全閉としたが、必ずしも全閉でなくてもよい。循環ポンプである第 2 のポンプ P 2 によりカソードオフガスが循環されれば、燃料電池スタック 3 内の酸素濃度が低下するため、出力電圧を低下させることができるためである。ただし、背圧弁 7 を全閉とすることにより、第 1 のポンプ P 1 を運転しなくても燃料電池スタック 3 の内圧を高めることができるため、背圧弁 7 は、全閉としておくことが好ましい。ここで、背圧弁 7 が全閉とは、背圧弁 7 の下流側ヘカソードオフガスが全く流れない状態だけでなく、背圧弁 7 の開度が 0 に近く、背圧弁 7 の下流側ヘカソードオフガスが僅かに流れる状態も含んでいる。燃料電池スタック 3 の内圧を高めておくのは、後に詳説するように、カソード背圧を一気に開放してパージを行い、ガス置換を促進するためである。
20

【 0 0 2 3 】

E C U 1 7 は、ステップ S 3 に引き続いて行われるステップ S 4 において、電圧計 V によって測定されるスタック電圧が予め定めた電圧 V 1 よりも低いかな否かを判断する。ここで、予め定めた電圧 V 1 は、燃料電池システム 1 がアイドル状態となったときに、カソード電極の高電位を回避し、燃料電池 2 の劣化を抑制するための電圧として設定されている。アイドル運転中の燃料電池システム 1 は、カソード循環制御が実施されることにより、徐々に電圧が低下し、電圧 V 1 を下回るようになる。ステップ S 4 で Y E S と判断したときは、ステップ S 5 へ進む。ステップ S 5 では、燃料電池システム 1 の出力目標値を w 0 に設定する。そして、ステップ S 5 に引き続き行われるステップ S 6 では、第 2 のポンプ P 2 を停止する。ステップ S 5 において燃料電池システム 1 の出力目標値を w 0 に設定し
30
、出力目標値を低下させるのは、スタック電圧が V 1 よりも低い値にまで低下した後は、第 2 のポンプ P 2 の運転も不要となり、消費する電力も低下するためである。ステップ S 6 の後は、処理はリターンとなる。なお、ステップ S 5 とステップ S 6 は、順番を入れ替えてもよいし、同時に行うようにしてもよい。このようなステップ S 2 からステップ S 6 までの処理がカソード循環制御に相当する。一方、ステップ S 4 で N O と判断したときは、ステップ S 1 からの処理を繰り返す。このようにステップ S 1 からの処理が繰り返され、出力目標値を w 1 とする制御は、ステップ S 4 で Y E S と判断されるまで継続される。

【 0 0 2 4 】

一方、ステップ S 1 で N O と判断したときは、ステップ S 1 a へ進む。ステップ S 1 a では、アイドル運転から負荷運転への移行時であるかな否かを判断する。すなわち、燃料電池システム 1 が、アイドル運転を実施している状態で一連の処理がリターンとなり、再度行われるステップ S 1 を経てステップ S 1 a の処理を行っているかな否かを判断する。ステップ S 1 a で N O と判断したときは、ステップ S 1 b へ進み、通常制御を実施し、処理はリターンとなる。ここで、通常制御とは、負荷運転中であって、後に詳説する減圧制御を実施していない制御を指す。例えば、図 3 に示す期間 T 1 内の状態が継続されているような場合である。一方、ステップ S 1 a で Y E S と判断すると、ステップ S 7 へ移行する。すなわち、図 3 における時刻 t 2 のタイミングでアイドル運転が要求されていないと判断すると、ステップ S 1 において N O と判断し、出力要求を H i g h に設定する。すなわち、燃料電池システム 1 は、アイドル運転から負荷運転に移行する。このとき、背圧弁 7 の開度を大きくして、燃料電池スタック 3 内の圧力をアイドル運転時よりも低下させる減圧
40
50

制御を実施する。具体的に、ステップS 7において、第1のポンプP 1の運転を開始し、第2のポンプP 2の運転を停止すると共に、背圧弁7の開度を大きくする。これにより、カソード背圧をアイドル運転時のカソード背圧よりも低下させる。減圧制御が実施されている状態とは、背圧弁7の開度がアイドル運転時よりも大きく、カソード背圧がアイドル運転時よりも低下している状態を指す。そして、図3に示すように、第1のポンプP 1の吐出流量要求値をHighに設定すると第1のポンプP 1の吐出流量がHighとなる。すなわち、負荷運転時の出力要求に対応可能な状態となる。また、第2のポンプP 2の吐出流量要求値が0となり、この吐出流量要求値の設定に伴って、実際の第2のポンプP 2の吐出流量が0となる。なお、実際の第1のポンプP 1の吐出流量は、吐出流量0の状態から立ち上がるため、徐々に吐出流が増し、最終的に吐出流量Highに到達する。このように、第1のポンプP 1の運転が開始され、第2のポンプP 2の運転が停止されると、スタック内酸素濃度がFullに近づく。このとき、ECU 17は、カソード背圧の圧力要求値として大気圧を指定し、背圧弁7を全開にするため、カソード流路3 a内のガス置換が一気に進行する。この結果、豊富な酸素を含んだ新気のカソード流路3 a内に導入されて、スタック内酸素濃度が上昇する。図3を参照すると、スタック内酸素濃度は、時刻t 2から時刻t 3 1にかけてFullの状態に復帰するが、時刻t 2から時刻t 3 1 aまでの間に直線的にガス置換が進行し、スタック内酸素濃度が上昇していることがわかる。この直線的なガス置換の進行は、時刻t 2のタイミングまで圧力p 1に維持されていたカソード背圧が一気に開放されてパージが行われたことに起因している。ここで、アイドル運転から負荷運転への移行時にガス交換が行われる際の、スタック酸素濃度の到達目標値に対する各時刻での酸素濃度の割合をガス置換率と定義すると、時刻t 3 1 aの後のガス置換率は、二次曲線的に増加し、最終的にFullの状態に到達する。

【0025】

なお、本実施形態では、減圧制御時にカソード背圧を大気圧としてガス置換を促進しているが、カソード背圧が減圧制御時にアイドル状態時よりも低ければ、ガス置換の効果をすることができる。すなわち、背圧弁7を全開にしてカソード背圧を大気圧と同等としなくても、カソード背圧が減圧制御時にアイドル状態時よりも低ければよい。また、背圧弁7が全開とは、背圧弁7の開度がほぼ100%であり、カソード背圧が背圧弁7の全開時と実質的に異なる状態を含む。また、カソード背圧が大気と同等とは、例えば、背圧弁7そのものの圧損により、カソード背圧が大気圧よりもわずかに大きい状態を含む。

【0026】

ステップS 8では、カソード流路3 a内のガス置換が完了したか否かを判断する。ガス置換が完了したか否かの判断は、時刻t 2における第1のポンプP 1の運転開始からの新気の供給量を推定し、この推定量に応じて判断する。なお、カソード流路3 aの出口3 a 2側における酸素濃度を測定し、この測定値が予め定めた閾値を越えていたらガス置換が完了していると判断するようにしてもよい。ステップS 7及びステップS 8が減圧制御に相当する。このステップS 8でYESと判断したら、すなわち、スタック内酸素濃度がFullの状態に到達したことが確認できたらステップS 9へ進み、通常制御に移行する。一方、ステップS 8でNOと判断したら、ステップS 8でYESと判断するまで、その処理を繰り返す。ステップS 8でYESと判断した後は、ステップS 9へ進み、通常制御へ移行し、圧力要求値をp 1に設定する。ステップS 9の後は、リターンとなる。なお、ステップS 8においてNOと判断したとき、ステップS 10において、再度、アイドル運転要求が有るか否かを判断する。減圧制御中にアイドル運転要求が出された場合に対処するためである。ステップS 10でYESと判断したときは、ステップS 2へ移行する。一方、ステップS 10でNOと判断したときは、ステップS 8の処理を繰り返す。

【0027】

このように、本実施形態の燃料電池システム1は、アイドル運転から負荷運転へ移行するときに、背圧弁7の開度を大きくしてカソード背圧を低下させる減圧制御を実施するため、カソードガスの循環制御後の燃料電池スタック内のガス置換を速やかに実施できる。

【0028】

これに対し、図 4 にタイムチャートの一例を示した比較例では、アイドル運転から負荷運転への移行指令が出された後、スタック内酸素濃度が F u l l の状態に到達するまでの期間 T 3 が第 1 実施形態における期間 T 3 と比較して長期間となっている。比較例が第 1 実施形態と異なる点は、圧力要求値の設定及びこれに伴う実圧力である。比較例では、第 1 実施形態と異なり、圧力要求値は一定とされている。すなわち、燃料電池システムがアイドル状態から負荷運転へ移行するときもカソード背圧の圧力要求値は一定とされている。このように、圧力要求値が一定とされ、実際にカソード背圧が一定とされる場合、スタック内酸素濃度は、アイドル運転から負荷運転への移行指令が出された後、F u l l の状態に到達するまでを通じて二次曲線的に増加する。すなわち、ガス置換が完了するまでの期間が長い。このように、ガス置換が完了するまでの期間が長期化すると、要求された出力を得るまでに時間を要する制御遅れなどの問題が生じる。このような比較例に対し、第 1 実施例の燃料電池システム 1 によれば、速やかにガス置換を完了させ、即座に所望の出力を得ることができる。

10

【 0 0 2 9 】

なお、第 1 実施形態の燃料電池システム 1 は、カソードガス供給流路 4 内にインタークーラ 5 が配置されている。インタークーラ 5 は、多量の空気が流通する容積を備える。このため、背圧弁 7 が開弁されると、この容積内の空気がカソード流路 3 a 内のガスを押し出し、ガス置換時の掃気の効率を向上させる。本実施形態では、圧力計 P を燃料電池スタック 3 の下流のカソードオフガス排出流路 6 内に設置しているが、これに限定されず、圧力計 P は、例えば、燃料電池スタック 3 よりも上流のカソードガス供給流路 4 内に配置してもよい。圧力計 P がカソードガス供給流路 4 側に配置されていても、カソードガス流量やスタック温度等の条件に応じて予め記憶している燃料電池スタック 3 における圧損を差し引くことで、カソード背圧を算出することができるからである。

20

【 0 0 3 0 】

(第 2 実施形態)

つぎに、図 5 及び図 6 を参照しつつ、第 2 実施形態について説明する。図 5 は第 2 実施形態における燃料電池システム 1 の制御の一例を示すフローチャートである。図 6 は第 2 実施形態における燃料電池システム 1 の指令及び各部の動作を示すタイムチャートの一例である。第 2 実施形態と第 1 実施形態とを比較すると、両者はその制御が異なっており、燃料電池システム 1 のハード構成自体は、共通している。従って、以下の説明では、制御において第 2 実施形態が第 1 実施形態と相違する点を中心に説明する。

30

【 0 0 3 1 】

ステップ S 1 では、第 1 実施形態と同様に、燃料電池システム 1 のアイドル運転が要求されているか否かを判断する。ステップ S 1 において Y E S と判断したときは、ステップ S 2 へ進む。ステップ S 1 で N O と判断したときは、ステップ S 1 a へ進む。ステップ S 1 a では、第 1 実施形態の場合と同様にアイドル運転からの復帰であるか否かを判断する。ステップ S 1 a で Y E S と判断したときは、ステップ S 7 へ進む。ステップ S 7 へ進んだ場合、ステップ S 7 からステップ S 9 の内容は第 1 実施形態と共通する。また、ステップ S 2 では、第 1 実施形態と同様に出力目標値を w 1 に設定する。ステップ S 2 の後はステップ S 1 1 へ進む。なお、ステップ S 1 a で N O と判断したときは、第 1 実施形態の場合と同様にステップ S 1 b の処理を経てリターンとなる。

40

【 0 0 3 2 】

ステップ S 1 1 では、圧力要求値を p 2 に設定する。圧力要求値は、換言すれば、背圧制御値となる。圧力値 p 2 は、圧力値 p 1 よりも大きい。すなわち、ステップ S 1 1 では、それまでの通常制御における圧力要求値よりも大きな値に圧力要求値を設定する。ステップ S 1 1 に引き続いて行われるステップ S 1 2 では、第 1 のポンプ P 1 及び第 2 のポンプ P 2 を運転状態とするとともに、背圧弁 7 を閉弁する。すなわち、圧力値を p 1 から p 2 へ上昇させるために、第 1 のポンプ P 1 の運転を継続する。このように、圧力値を上昇させるために第 1 のポンプ P 1 の運転を継続する点が、第 1 実施形態と異なる。なお、本実施形態において、背圧弁 7 を全閉としたが、必ずしも全閉でなくてもよい。また、背圧

50

弁 7 が全閉とは、背圧弁 7 の下流側ヘカソードオフガスが全く流れない状態だけでなく、背圧弁 7 の開度が 0 に近く、背圧弁 7 の下流側ヘカソードオフガスが僅かに流れる状態も含んでいる。これらの点については第 1 実施形態の場合と同様である。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 1 2 に引き続いて行われるステップ S 1 3 では、実圧力 p 、すなわち、圧力計 P で測定されたカソード背圧 p が p_2 以上であるか否かを判断する。ステップ S 1 3 で Y E S と判断したときは、ステップ S 1 4 へ進む。ステップ S 1 4 では、第 1 のポンプ P 1 の運転を停止する。そして、第 2 のポンプ P 2 の運転を継続するとともに、背圧弁 7 の閉弁状態を維持する。この点は、第 1 実施形態のステップ S 3 と共通する。ステップ S 1 4 の後はステップ S 1 5 へ進む。一方、ステップ S 1 3 で N O と判断したときは、ステップ

10

【 0 0 3 4 】

ステップ S 1 5 では、電圧計 V によって測定されるスタック電圧 V が予め定めた電圧 V_1 よりも低いかなかを判断する。この処理は、第 1 実施形態におけるステップ S 4 と共通する。ステップ S 1 5 で Y E S と判断したときは、ステップ S 1 6 へ進む。ステップ S 1 6 では、燃料電池システム 1 の出力目標値を w_0 に設定する。この点は、第 1 実施形態のステップ S 5 と共通する。ステップ S 1 6 の後はステップ S 1 7 へ進む。ステップ S 1 5 で N O と判断したときは、ステップ S 1 からの処理を繰り返す。これは、第 1 実施形態のステップ S 4 において N O と判断したときと共通する。

【 0 0 3 5 】

20

ステップ S 1 7 では、実圧力 p が p_2 以上であり、かつ、スタック電圧 V が V_1 よりも低いかなかを判断する。ステップ S 1 7 で Y E S と判断したときは、第 1 実施形態と共通するステップ S 6 を経て処理はリターンとなる。一方、ステップ S 1 7 で N O と判断したときは、ステップ S 1 7 で Y E S と判断されるまでステップ S 1 3 からの処理を繰り返す。

【 0 0 3 6 】

ステップ S 1 で N O と判断し、ステップ S 7 へ進んだ場合のステップ S 7 からステップ S 9 の内容は上述したように第 1 実施形態と共通する。しかしながら、その効果は、第 1 実施例と異なる。具体的に、アイドル運転から負荷運転への移行指令が出された後、スタック内酸素濃度が F u l l の状態に到達するまでの期間 T_3 が第 1 実施形態における期間 T_3 と比較してさらに短期間となっている。この理由について説明する。第 2 実施形態では、アイドル運転中にカソード背圧を p_2 まで高めている。すなわち、大気圧との差が大きくなっている。このため、燃料電池システム 1 をアイドル運転から復帰させるときに背圧弁 7 を開放すると、カソード流路 3 a 内の残存ガスが勢いよく排出されてガス置換が効率よく行われる。この結果、図 6 に示すように時刻 t_2 と時刻 t_3 2 a の間隔が短くなり、ガス置換率を示す直線がより垂直に近い状態となっている。これにより、スタック内酸素濃度が F u l l の状態に到達する時刻 t_3 2 までの期間 T_3 も短縮されている。

30

【 0 0 3 7 】

このように、アイドル運転期間 T_2 においてカソード背圧を上昇させておくことにより、より効率的なガス置換を行うことができる。この相違が生じる理由につき、図 7 を参照しつつ整理すると、以下の如くである。まず、第 1 実施形態において説明した比較例のように、アイドル運転時から負荷運転への移行時にカソード背圧の減圧を行わない場合、スタック内のガス置換率の変化は、終始二次曲線で示される。この結果、全量のガス置換が完了するまでに長時間かかる。これに対し、第 1 実施形態のように、アイドル運転から負荷運転へ移行するときに、それまでのカソード背圧よりも低下させる減圧制御を実施することで、カソード背圧低下に伴うパージにより、一気にガス置換が進行する。この結果、全量のガス置換が完了するまでの時間が短縮される。そして、第 2 実施形態では、アイドル運転時に、カソード背圧を上昇させておき、カソード背圧と背圧弁 7 を開放した後の圧力との差を大きくしたことにより、さらに効率よいガス置換を実施することができる。この結果、全量のガス置換が完了するまでの時間がさらに短縮される。

40

50

【 0 0 3 8 】

(第 3 実施形態)

つぎに、図 8 を参照しつつ、第 3 実施形態について説明する。第 3 実施形態の燃料電池システム 1 0 1 が、第 1 実施形態の燃料電池システム 1 と異なる点は、背圧弁 7 と並列させて設置された開放弁 1 0 2 が設けられている点である。その他の点は、第 1 実施形態の燃料電池システム 1 と異なる点はないので、共通する構成要素には、図面中、同一の参照番号を付し、その詳細な説明は省略する。

【 0 0 3 9 】

開放弁 1 0 2 は、背圧弁 7 からのカソードオフガスの排出を補助する役割を有する。開放弁 1 0 2 は、アイドル運転時のカソード循環制御から減圧制御へ移行する際に背圧弁 7 と共に開放する。これにより、カソード背圧の低下の効率が向上し、この結果、ガス置換の効率が向上する。ガス置換の効率の向上により、燃料電池スタック 3 の広範囲に即座に酸素が行きわたり、燃料電池システム 1 0 1 は短時間で高電位を出力することができる状態となる。

10

【 0 0 4 0 】

上記実施形態は本発明を実施するための例にすぎず、本発明はこれらに限定されるものではなく、これらの実施例を種々変形することは本発明の範囲内であり、更に本発明の範囲内において、他の様々な実施例が可能であることは上記記載から自明である。

【 符号の説明 】

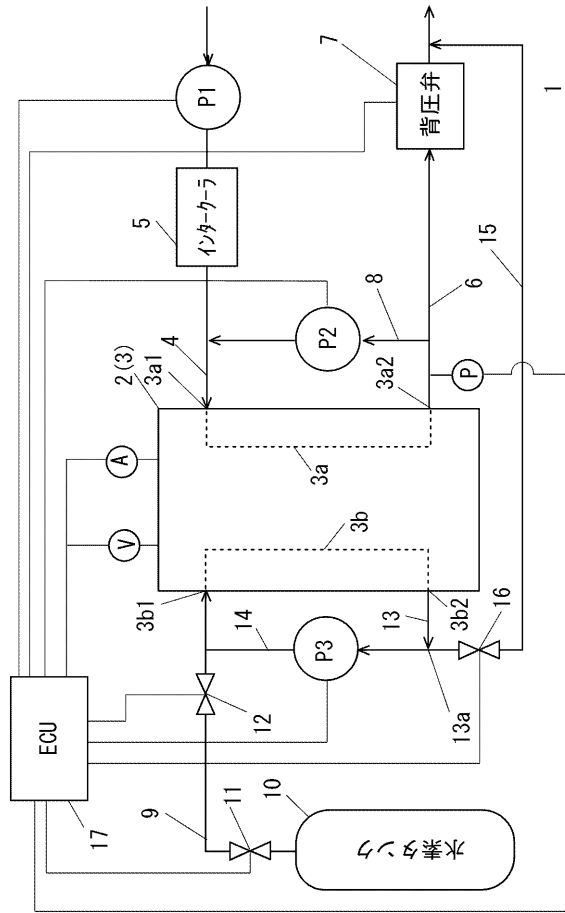
【 0 0 4 1 】

20

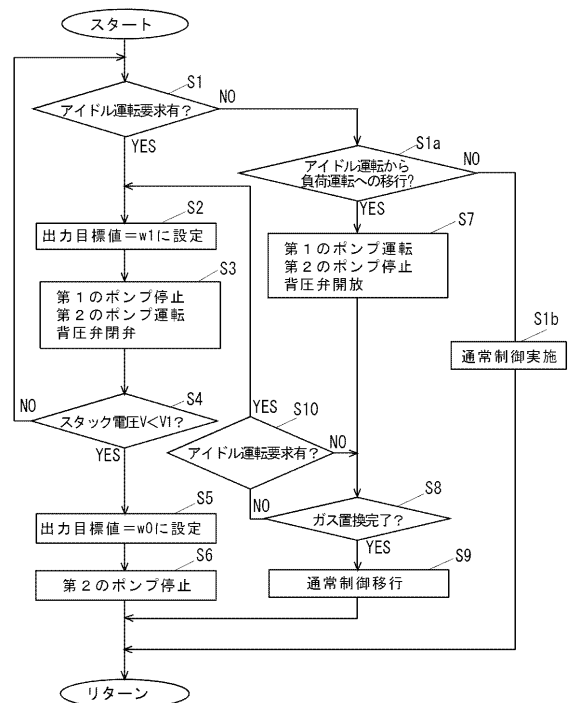
- 1、 1 0 1 燃料電池システム
- 2 燃料電池
- 3 燃料電池スタック
- 3 a カソード流路
- 4 カソードガス供給流路
- 5 インタークーラ
- 6 カソードオフガス排出流路
- 7 背圧弁
- 8 循環流路
- 1 0 2 開放弁
- P 1 第 1 のポンプ
- P 2 第 2 のポンプ
- P 3 第 3 のポンプ

30

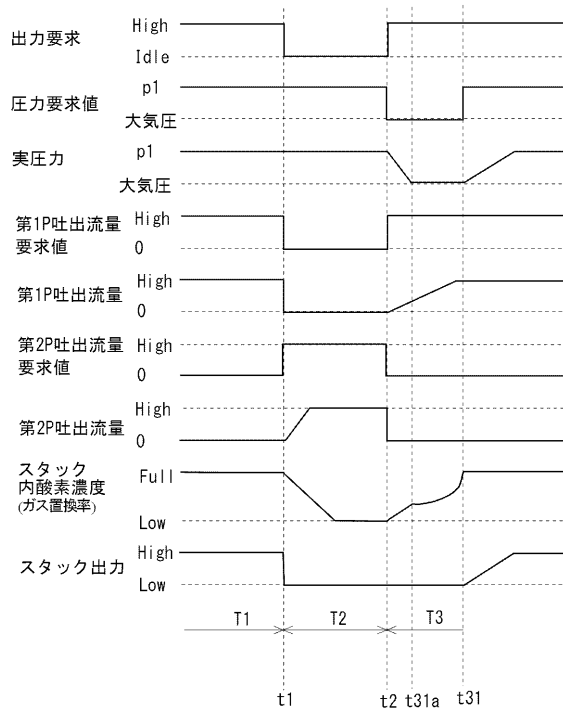
【図 1】



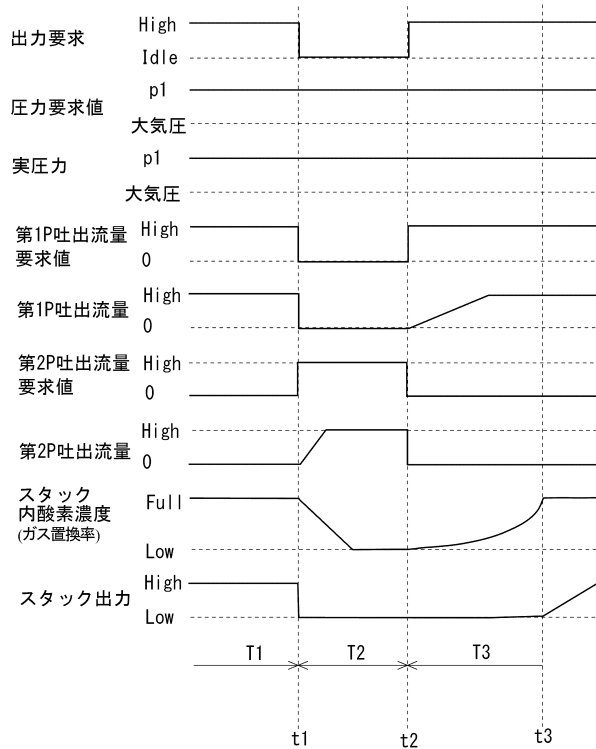
【図 2】



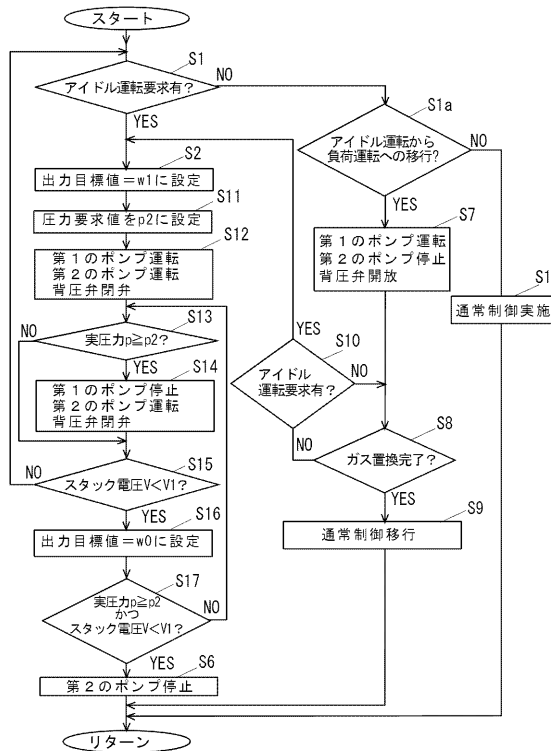
【図 3】



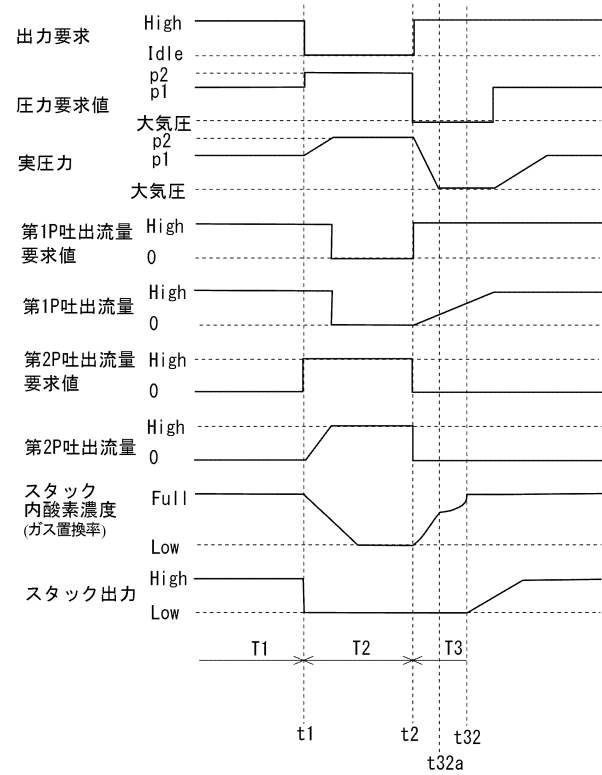
【図 4】



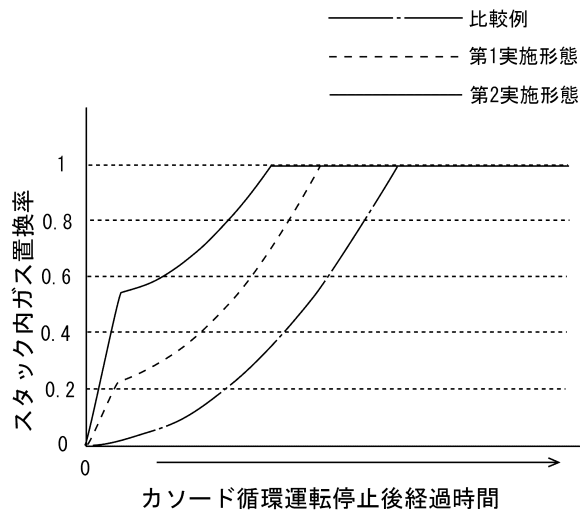
【図 5】



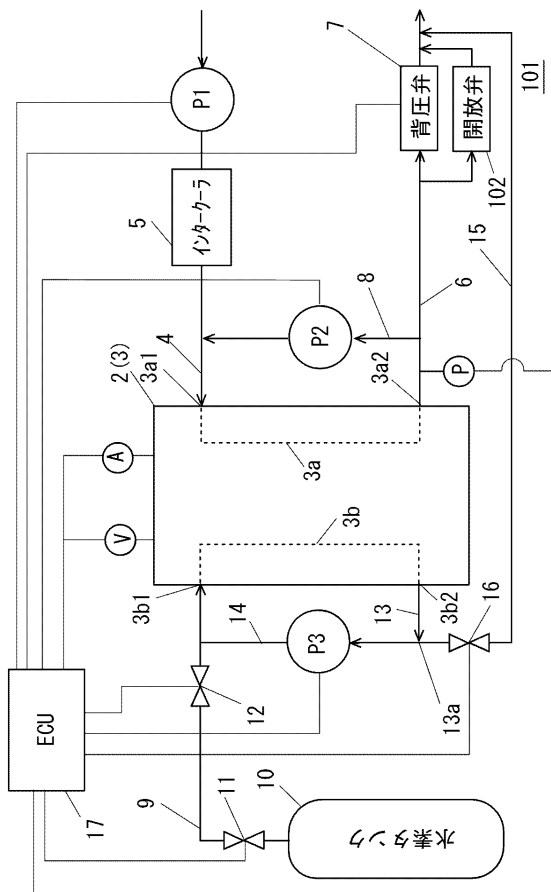
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-157544(JP,A)
特開2014-010914(JP,A)
特開2009-289540(JP,A)
特開昭62-278764(JP,A)
国際公開第2008/110258(WO,A1)
米国特許出願公開第2010/0143813(US,A1)
特開2012-252998(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 8/00 - 8/2485