

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4984534号
(P4984534)

(45) 発行日 平成24年7月25日 (2012. 7. 25)

(24) 登録日 平成24年5月11日 (2012. 5. 11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 M 8/04 (2006. 01)	HO 1 M 8/04 Z
HO 1 M 8/10 (2006. 01)	HO 1 M 8/04 G
	HO 1 M 8/04 P
	HO 1 M 8/10

請求項の数 15 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-3574 (P2006-3574)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成18年1月11日 (2006. 1. 11)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2007-188667 (P2007-188667A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成19年7月26日 (2007. 7. 26)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成20年11月26日 (2008. 11. 26)		弁理士 三好 秀和
早期審査対象出願		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄

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】

燃料ガスと酸化剤ガスとを電気化学反応により反応させて発電する燃料電池セル群を電氣的に複数接続することによって構成した燃料電池構造体と、

前記燃料電池構造体に流入する冷媒の流入温度を測定する冷媒流入温度測定手段と、

前記燃料電池構造体に供給された冷媒を複数の前記燃料電池セル群に分配する冷媒分配流路と、

前記燃料電池セル群ごとのセル群電圧を測定するセル群電圧測定手段と、

前記セル群電圧測定手段によって測定されたセル群電圧と、前記冷媒流入温度測定手段によって測定された冷媒の流入温度とに基づいて、前記冷媒分配流路によって分配された冷媒の前記燃料電池セル群の入口温度と出口温度との温度差であるセル群温度差を推定する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、複数の燃料電池セル群のうち少なくとも2つの燃料電池セル群の前記セル群温度差を推定する

ことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

前記制御手段は、前記セル群電圧と所定電圧との電圧差に、前記燃料電池セル群の発電電流を乗算し、前記燃料電池セル群に流入する冷媒の比熱と目標流量とを除算することによって、前記セル群温度差を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記燃料電池セル群から流出した冷媒を合流させる冷媒合流流路と、
前記冷媒合流流路によって合流され、前記燃料電池構造体から流出する冷媒の流出温度を測定する冷媒流出温度測定手段と、
前記燃料電池構造体の出力電圧を測定する出力電圧測定手段とを備え、
前記制御手段は、前記燃料電池構造体へ流入する冷媒の流入温度と流出する冷媒の流出温度とから構造体温度差を算出し、この構造体温度差と、前記燃料電池構造体の出力電圧と、前記燃料電池セル群のセル群電圧と、前記燃料電池セル群の数とに基づいて、前記セル群温度差を演算することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記セル群電圧と第 1 所定電圧との電圧差を、前記出力電圧と第 2 所定電圧との電圧差によって除算し、この算出結果に前記構造体温度差と前記燃料電池セル群の数とを乗算して前記セル群温度差を演算することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記セル群温度差が所定値より大きくなると、前記燃料電池構造体による発電を停止することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記セル群温度差に基づいて冷媒の流量を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記セル群温度差に基づいて前記燃料電池構造体による発電電力の上限値を演算することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記燃料電池構造体から流出した冷媒を冷却する冷媒冷却手段を備え、
前記制御手段は、前記セル群温度差に基づいて前記冷媒冷却手段を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

燃料ガスと酸化剤ガスとを電気化学反応により反応させて発電する燃料電池セル群を電氣的に複数接続することによって構成した燃料電池構造体と、

前記燃料電池構造体に流入する冷媒の流入温度を測定する冷媒流入温度測定手段と、
前記燃料電池構造体に供給された冷媒を複数の前記燃料電池セル群に分配する冷媒分配流路と、

前記燃料電池セル群ごとのセル群電圧を測定するセル群電圧測定手段と、
前記セル群電圧測定手段によって測定されたセル群電圧と、前記冷媒流入温度測定手段によって測定された冷媒の流入温度とに基づいて、前記冷媒分配流路によって分配された冷媒の前記燃料電池セル群の入口温度と出口温度との温度差であるセル群温度差を推定する制御手段と、を備え、

前記制御手段は、前記セル群温度差と前記燃料電池構造体に流入する冷媒の流入温度とに基づいて、前記燃料電池セル群から流出する冷媒の温度であるセル群流出温度を推定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 10】

前記制御手段は、前記セル群流出温度が所定値より大きくなると、前記燃料電池構造体による発電を停止することを特徴とする請求項 9 に記載の燃料電池システム。

【請求項 11】

前記制御手段は、前記セル群流出温度に基づいて冷媒の流量を制御することを特徴とする請求項 9 または請求項 10 のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項 12】

前記制御手段は、前記セル群流出温度に基づいて前記燃料電池構造体による発電電力の上限値を演算することを特徴とする請求項 9 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 13】

前記燃料電池構造体から流出した冷媒を冷却する冷媒冷却手段を備え、

前記制御手段は、前記セル群流出温度に基づいて前記冷媒冷却手段を制御することを特徴とする請求項 9 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 14】

前記制御手段は、前記燃料電池セル群ごとに測定されたセル群電圧の総和を算出することによって前記燃料電池構造体の出力電圧を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

10

【請求項 15】

前記燃料電池セル群を構成する燃料電池セルの数は、1 以上で、前記燃料電池構造体の総セル数以下の任意の数であることを特徴とする請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷媒を循環させて燃料電池を冷却する燃料電池システムに係り、特に燃料電池を複数のセル群に分割し、これらのセル群へ並列に冷却水を分配して流すようにした燃料電池システムに関する。

20

【背景技術】

【0002】

燃料電池システムは、高分子電解質膜（例えば、スルホン酸基を有するフッ素樹脂系イオン交換膜など）に代表されるイオン交換物質の両側に、白金等からなる触媒電極をそれぞれ配置することによって膜－電極集合体（MEA）を形成し、この膜－電極集合体を集電体によって積層することで燃料電池スタックを構成している。この燃料電池スタックには、水素を含有する燃料ガスが燃料極（アノード極）に供給され、酸素を含有する酸化剤ガスが酸化剤極（カソード極）に供給されて発電が実施されている。

【0003】

30

このように燃料電池システムは、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電システムであり、高い発電効率を有することや有害物質の排出量が極めて少ないこと等から最近注目されている。

【0004】

このような燃料電池システムでは、上述した膜－電極集合体によって構成された燃料電池セルによって発電が行われているが、この燃料電池セルの電池反応による起電力は 1 V 程度であり、例えば燃料電池システムを車両などの高出力を必要とする用途に使用する場合には一般的に数十組の燃料電池セルを電氣的に直列に接続し、電圧を高くして使用される場合が多い。

【0005】

40

ところで、一般に燃料電池はその発電に対して、抵抗分極、活性化分極、拡散分極などの損失をもっており、これらの損失分のエネルギーは電気エネルギーとして取り出すことができずに熱エネルギーとして外部に放出される。

【0006】

したがって、特に出力の大きい燃料電池を備えた燃料電池システムでは、燃料電池内部に冷却水を流入させ、燃料電池内部の熱を外部に持ち出すことによって燃料電池を構成する部品が破損しないようにしている。その際、流入させる冷却水の流量を適切な流量に制御するため、燃料電池スタックの冷却水入口及び出口に温度センサを設け、この温度センサで測定された温度に基づいて冷却水流量を制御している場合が多い。したがって、冷却水は燃料電池スタックを構成する複数の燃料電池セルに対してある程度均等に流入させる

50

必要がある。

【0007】

そこで、このような問題に対して、例えば特開平6-267577号公報（特許文献1）に開示された燃料電池システムでは、燃料電池スタックを複数のセル群に分割し、これらのセル群に対して並列にガスや冷却水を供給することで、燃料電池スタック内の特定の部位のみが高温になったり、他部位との温度差が大きくなったりすることを防止し、これによって燃料電池における熱ひずみや変形を防止している。

【特許文献1】特開平6-267577号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

しかしながら、例えば経時劣化などが原因で、ある一部のセル群の発電効率が低下すると、その部分の発熱量だけが增加してしまう。そこで、このよう場合を想定してセル群ごとに排出される冷却水の温度を測定し、過温度を検知するように構成することが考えられるが、セル群ごとに冷却水の温度を測定するためにはセンサの数が増えてしまい、コストアップや部品増加による信頼性の低下などの問題が懸念される。また、センサを設置せずに劣化などによるセル群ごとの発熱量のばらつきの問題に対処するためには、予めセル群ごとの発熱量のばらつきを考慮して燃料電池スタックに供給する冷却水の流量を決める必要があり、結果的に、実際には発熱量がばらついていない場合でも、発熱量がばらついた場合と同等の出力しか取れない設計にせざるを得ないという問題がある。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するために、本発明の燃料電池システムは、燃料ガスと酸化剤ガスとを電気化学反応により反応させて発電する燃料電池セル群を電氣的に複数接続することによって構成した燃料電池構造体と、前記燃料電池構造体に流入する冷媒の流入温度を測定する冷媒流入温度測定手段と、前記燃料電池構造体に供給された冷媒を複数の前記燃料電池セル群に分配する冷媒分配流路と、前記燃料電池セル群ごとのセル群電圧を測定するセル群電圧測定手段と、前記セル群電圧測定手段によって測定されたセル群電圧と、前記冷媒流入温度測定手段によって測定された冷媒の流入温度とに基づいて、前記冷媒分配流路によって分配された冷媒の前記燃料電池セル群の入口温度と出口温度との温度差であるセル群温度差を推定する制御手段とを備え、前記制御手段は、複数の燃料電池セル群のうち少なくとも2つの燃料電池セル群の前記セル群温度差を推定することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0010】

本発明に係る燃料電池システムでは、燃料電池セル群ごとのセル群電圧と燃料電池構造体に流入する冷媒の流入温度とに基づいて燃料電池セル群の入口温度と出口温度との温度差を推定するので、燃料電池セル群ごとに温度センサを設置することなく、各燃料電池セル群の発熱状況を検知することができ、各燃料電池セル群による発熱を許容範囲内に制御することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0011】

<第1の実施形態>

以下、本発明の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は本実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【0012】

図1に示すように、本実施形態の燃料電池システム1は、燃料ガスと酸化剤ガスとを電気化学反応により反応させて発電する燃料電池セル群S1～Snを電氣的に複数接続することによって構成した燃料電池構造体2と、燃料電池システム1を制御する制御部（制御手段）3と、燃料電池セル群S1～Snのセル群電圧を測定するセル群電圧センサ（セル群電圧測定手段）V1～Vnと、燃料電池構造体2に冷媒である冷却水を供給する冷媒供

50

給流路 L 1 と、燃料電池構造体 2 に供給された冷却水を複数の燃料電池セル群 S 1 ～ S n に分配する冷媒分配流路 L 2 と、燃料電池セル群 S 1 ～ S n から流出した冷却水を合流させる冷媒合流流路 L 3 と、燃料電池構造体 2 から冷却水を排出する冷媒排出流路 L 4 と、循環する冷却水を放熱して冷却する放熱器（冷媒冷却手段） 4 と、冷却水を循環させる冷却水循環ポンプ 5 と、冷却水循環ポンプ 5 を駆動するポンプアクチュエータ A 1 と、燃料電池構造体 2 へ流入する冷却水の流入温度を測定する入口温度センサ（冷媒流入温度測定手段） T 1 と、燃料電池構造体 2 から流出した冷却水の流出温度を測定する出口温度センサ（冷媒流出温度測定手段） T 2 と、燃料電池構造体 2 から取り出された電力を適切な電力形態に変換する電力変換装置 6 と、燃料電池構造体 2 の出力電圧を測定する出力電圧センサ（出力電圧測定手段） V t とを備えている。

10

【0013】

上述した燃料電池システム 1 において、燃料電池構造体 2 では燃料極に燃料ガスである水素ガスが供給され、酸化剤極に酸化剤ガスである空気が供給されて以下に示す電気化学反応によって発電が行われている。

【0014】

アノード（燃料極）： $H_2 \rightarrow 2H^{++} + 2e^{-}$ (1)

カソード（酸化剤極）： $2H^{++} + 2e^{-} + (1/2)O_2 \rightarrow H_2O$ (2)

そして、この燃料電池構造体 2 は、固体高分子電解質膜を酸化剤極と燃料極とで挟んで構成した燃料電池セルを、セパレータを介して複数積層した構造になっている。ただし、本実施形態の燃料電池構造体 2 は、複数の燃料電池セル群 S 1 ～ S n に分けられ、これら複数の燃料電池セル群 S 1 ～ S n を電氣的に直列に接続した構造になっている。これらの各燃料電池セル群 S 1 ～ S n には、内部に酸化剤ガスとしての空気を通過させる酸化剤ガス流路 7 と、燃料ガスを通過させる燃料ガス流路 8 が設けられている。そして、コンプレッサなどの空気供給装置から酸化剤ガス流路 7 に酸化剤ガスとしての空気が供給されると共に、水素タンクなどの燃料供給装置から燃料ガス流路 8 に燃料ガスとしての水素ガスが供給されて、燃料電池構造体 2 において水分を媒体として固体高分子電解質膜中をそれぞれのイオンが移動して接触し、発電が行われている。また、各燃料電池セル群 S 1 ～ S n を構成する燃料電池セルの数は、1 以上で燃料電池構造体 2 の総セル数以下の任意の数でよい。

20

【0015】

そして、上述した反応によって燃料電池構造体 2 から取り出された電力は、電力変換装置 6 によって想定される電力負荷に対して適切な電力形態に変換され、利用可能となっている。例えば、本実施形態の燃料電池システム 1 が交流モータを使用した燃料電池車両用のものであれば、発電した電力を必要となる電圧及び周波数の交流に変換して電力として出力する。

30

【0016】

また、燃料電池構造体 2 の発電によって発生した熱を外部に放出するために、冷却水を燃料電池構造体 2 に供給し、冷媒分配流路 L 2 によって各燃料電池セル群 S 1 ～ S n に分配して燃料電池セル群 S 1 ～ S n を冷却している。燃料電池セル群 S 1 ～ S n を冷却して吸熱した冷却水は、冷媒合流流路 L 3 によって冷媒排出流路 L 4 に合流されて放熱器 4 でシステム外部に熱を放熱して冷却される。また、冷媒供給流路 L 1 の上流には冷却水を循環させるための冷却水循環ポンプ 5 が設置され、この冷却水循環ポンプ 5 はポンプアクチュエータ A 1 によって駆動されている。

40

【0017】

一方、燃料電池セル群 S 1 ～ S n にはそれぞれセル群電圧センサ V 1 ～ V n が設置され、燃料電池セル群 S 1 ～ S n による発電反応で発生した電位差（電圧）を測定している。同様に、燃料電池構造体 2 には出力電圧センサ V t が設置され、燃料電池構造体 2 による出力電圧を測定している。

【0018】

また、冷媒供給流路 L 1 には入口温度センサ T 1 が設置され、燃料電池構造体 2 に流入

50

する冷却水の流入温度を測定している。一方、冷媒排出流路 L 4 には出口温度センサ T 2 が設置され、燃料電池構造体 2 から流出した冷却水の流出温度を測定している。

【0019】

そして、これらの電圧センサや温度センサによって検出された電圧及び温度は、センサ信号として制御部 3 に出力され、このセンサ信号を受信した制御部 3 はセル群電圧センサ V 1 ~ V n によって測定された電圧を燃料電池セル群 S 1 ~ S n のセル群電圧として認識し、出力電圧センサ V t で測定された電圧を燃料電池構造体 2 の出力電圧として認識する。同様に、入口温度センサ T 1 及び出口温度センサ T 2 によって測定された温度は、それぞれ燃料電池構造体 2 に流入する冷却水の流入温度及び流出温度として認識している。

【0020】

制御部 3 は、例えば中央演算ユニット (CPU)、ランダムアクセスメモリ (RAM)、リードオンリーメモリ (ROM)、及び入出力インターフェース (I/O インターフェース) を有するマイクロコンピュータによって構成されており、上述した電力変換装置 6 やポンプアクチュエータ A 1 などの各部を制御して燃料電池システム 1 全体としての動作を制御している。ただし、制御部 3 を複数のマイクロコンピュータによって構成することも可能であり、上記制御の他にも複数の制御を実行する装置として構成してもよい。

【0021】

次に、燃料電池セル群 S 1 ~ S n に分配された冷却水の入口温度と出口温度との温度差であるセル群温度差の算出方法について説明する。

【0022】

各燃料電池セル群 S 1 ~ S n のセル群温度差は、それぞれの燃料電池セル群の発熱量と、燃料電池セル群に流入する冷却水流量と、冷却水の比熱とから決定されるので、以下の関係を満たす。

【0023】

$$Q_{gn} = Q_{on} = L_n \times C \times (T_{son} - T_{nin}) \cdots (3)$$

ただし、 Q_{gn} : 燃料電池セル群の発熱量、 Q_{on} : 燃料電池セル群から持ち出される熱量、 L_n : 燃料電池セル群に流入する冷却水流量、 C : 冷却水比熱、 $T_{son} - T_{nin}$: セル群温度差となる。

【0024】

ここで、各燃料電池セル群の発熱量は、理論発熱量と効率の関係から決定されるので、水素と酸素を使用した燃料電池の理論起電圧と発電電圧、発電電流から見積もることができ、

$$Q_{gn} = I \times (V_{on} - V_n) \times N_n \cdots (4)$$

ただし、 Q_{gn} : 燃料電池セル群の発熱量、 I : 発電電流、 V_{on} : セル群の理論起電圧、 V_n : セル群電圧、 N_n : セル群のセル数となる。

【0025】

同様に、燃料電池構造体 2 全体における熱の授受を考えると、

$$Q_g = Q_o = L \times C \times (T_{out} - T_{in}) \cdots (5)$$

ただし、 Q_g : 燃料電池構造体の総発熱量、 Q_o : 燃料電池構造体から持ち出される熱量、 L : 冷却水総流量、 C : 冷却水比熱、 $T_{out} - T_{in}$: 燃料電池構造体の入口と出口における冷却水温度差

または、

$$Q_g = I \times (V_{on} - V_t) \times N \cdots (6)$$

ただし、 Q_g : 燃料電池構造体の総発熱量、 I : 発電電流、 V_{on} : 理論起電圧、 V_t : 総電圧、 N : 燃料電池構造体の総セル数
という関係が成り立つ。

【0026】

ここで、冷却水の燃料電池セル群 S 1 ~ S n へ流入する流入温度と燃料電池構造体 2 の入口における冷却水温度は、冷却水を分配しているだけなので同一であると考えられ、

$$T_{in} = T_{nin} \cdots (7)$$

10

20

30

40

50

となる。

【0027】

さらに、各燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ に流入する冷却水流量は、特定のばらつきの範囲内で均等に流入していると考えられるので、

$$L = \Sigma (L_n) \cdots (8)$$

となる。

【0028】

また、燃料電池構造体 2 の出力電圧は、燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ によるセル群電圧の総和となるので、

$$V_t = \Sigma (V_n) \cdots (9)$$

10

となる。

【0029】

これら式 (3) ~ (9) の関係を利用すると、

$$T_{son} - T_{in} = n (V_{On} - V_n) / \{ \Sigma (V_{On}) - V_t \} \times (T_{out} - T_{in}) \cdots (11)$$

によって、セル群温度差 $T_{son} - T_{in}$ とを算出することができる。

【0030】

また、 T_{in} が既知である場合、式 (11) から、燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ から流出する冷却水の温度であるセル群流出温度 T_{son} も算出することができる。

【0031】

20

また、式 (9) の関係を使用せずに、冷却水の比熱を使用して

$$T_{son} - T_{in} = (V_{On} - V_n) \times I / C / L \cdots (10)$$

によってセル群温度差 $T_{son} - T_{in}$ とセル群流出温度 T_{son} とを算出してもよい。

【0032】

次に、本実施形態の燃料電池システム 1 によるシステム制御処理を図 2 のフローチャートに基づいて説明する。このシステム制御処理は、制御部 3 により所定の制御周期 T_c 毎に繰り返し実施されている（他の実施形態についても同じ）。

【0033】

図 2 に示すように、まず冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N_{tcp} を入力する (S101)。この目標回転数 N_{tcp} の算出方法については後述する。

30

【0034】

次に、燃料電池構造体 2 への指令電力 P_t と、燃料電池構造体 2 の温度による制限電力 P_{lim} を入力する (S102、103)。ただし、本実施形態では温度に関して出力制限を実施しないため、制限電力 $P_{lim} =$ 指令電力 P_t として処理を実施する。

【0035】

次に、発電停止フラグ f_{gs} を読み込む (S104)。この発電停止フラグ f_{gs} は「1」のときに発電を停止し、「0」のときに発電を実施するように設定されたフラグである。この発電停止フラグ f_{gs} の設定方法については後述する。

【0036】

そして、指令電力 P_t と制限電力 P_{lim} のうち小さいほうを電力変換装置 6 の目標取出し電力 P_{ei} として算出し (S105)、発電停止フラグ f_{gs} が「0」に設定されているか否かを判断する (S106)。ここで、発電停止フラグ f_{gs} が「0」ではなく「1」に設定されている場合には目標取出し電力 P_{ei} を 0 に設定する (S107)。

40

【0037】

こうして発電停止フラグ f_{gs} が「0」の場合か、あるいは目標取出し電力 P_{ei} が 0 に設定されると、次に冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N_{tcp} をポンプアクチュエータ A1 に出力し (S108)、目標取出し電力 P_{ei} を電力変換装置 6 に出力する (S109)。このときステップ S106 において発電停止フラグ f_{gs} が「0」だった場合には指令電力 P_t と制限電力 P_{lim} のうち小さいほうが出来され、発電停止フラグ f_{gs} が「1」だった場合には目標取出し電力 P_{ei} は 0 となる。

50

【0038】

こうして目標取出し電力 P_{ei} が出力されると、次の演算周期へ移行して本実施形態の燃料電池システム 1 によるシステム制御処理を終了する。

【0039】

次に、上述したシステム制御処理で使用される冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N_{tcp} の演算処理を図 3 のフローチャートに基づいて説明する。

【0040】

図 3 に示すように、まず各燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ の冷却水出口におけるセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ を入力する (S201)。このセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ の算出方法については後述する。また、セル群流出温度の代わりに上述したセル群温度差を利用してもよい。

10

【0041】

そして、セル群流出温度の目標値 T_{tso} を入力して (S202) セル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ のうちの最大値を T_{sonmax} として求める (S203)。

【0042】

この後、求めた最大値 T_{sonmax} と目標値 T_{tso} とを用いて PI 制御などに代表されるフィードバック制御を実施して冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N_{tcp} を算出して (S204) 冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N_{tcp} の演算処理を終了する。

【0043】

次に、上述した目標回転数 N_{tcp} の演算処理で使用されるセル群流出温度 T_{son} の演算処理を図 4 のフローチャートに基づいて説明する。

20

【0044】

図 4 に示すように、まず燃料電池構造体 2 の出力電圧 V_t を出力電圧センサ V_t で測定して入力し (S301)、次にセル群電圧センサ $V_1 \sim V_n$ で測定された各燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ のセル群電圧 $V_1 \sim V_n$ と基準電圧 $V_{01} \sim V_{0n}$ とを入力する (S302、S303)。ここで、基準電圧 $V_{01} \sim V_{0n}$ は燃料電池の種類とセル数によって決まる特性の代表値であり、制御定数として制御部 3 に記憶されている。また、燃料電池構造体 2 の出力電圧 V_t として、ここでは出力電圧センサ V_t によって測定された値を用いているが、セル群電圧センサ $V_1 \sim V_n$ で測定された値を総和することによって求めてもよい。

30

【0045】

この後、燃料電池構造体 2 へ流入する冷却水の流入温度 T_{in} を入口温度センサ T_1 で測定して入力し (S304)、燃料電池構造体 2 から流出する冷却水の流出温度 T_{out} を出口温度センサ T_2 で測定して入力する (S305)。

【0046】

そして、燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ の数 n を入力し (S306)、入力された値を用いて次式により、燃料電池セル群 S_n のセル群流出温度 T_{son} を演算すると、

$$T_{son} = n(V_{0n} - V_n) / \{\Sigma(V_{0n}) - V_t\} \times (T_{out} - T_{in}) + T_{in} \cdots (12)$$

となる (S307)。

40

【0047】

このようにして燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ のセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ を演算してセル群流出温度 T_{son} の演算処理を終了する。

【0048】

次に、温度上昇を防止するために実施される発電停止フラグ fgs の設定処理を図 5 のフローチャートに基づいて説明する。この処理は燃料電池構造体 2 が発電状態にある間には常に一定の時間周期で実行されている。

【0049】

図 5 に示すように、まず各燃料電池セル群のセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ を入力し (S401)、燃料電池構造体 2 へ流入する冷却水の流入温度 T_{in} を入力する (S4

50

02)。ここで、セル群流出温度の代わりに上述したセル群温度差を利用してもよい。

【0050】

そして、各燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ における冷却水のセル群温度差の設計上の上限値 ΔT_{maxn} と、各燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ におけるセル群流出温度の設計上の上限値 T_{maxn} とを入力する (S403、S404)。

【0051】

次に、入力されたセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ の最大値を T_{sonmax} として求め (S405)、求めた最大値 T_{sonmax} とセル群流出温度の上限値 T_{maxn} とを比較する (S406)。そして、セル群流出温度の上限値 T_{maxn} のほうが大きい場合には、次に最大値 T_{sonmax} と流入温度 T_{in} との差 $T_{sonmax} - T_{in}$ をセル群温度差の上限値 ΔT_{maxn} と比較する (S407)。ここで、セル群温度差の上限値 ΔT_{maxn} のほうが大きい場合には発電停止フラグ f_{gs} を「0」に設定して (S408) 発電停止フラグ f_{gs} の設定処理を終了する。

10

【0052】

一方、ステップ S406 において最大値 T_{sonmax} がセル群流出温度の上限値 T_{maxn} より大きい場合、及びステップ S407 において $T_{sonmax} - T_{in}$ がセル群温度差の上限値 ΔT_{maxn} より大きい場合には発電停止フラグ f_{gs} を「1」に設定して発電停止フラグ f_{gs} の設定処理を終了する。

【0053】

このように、本実施形態の燃料電池システム1では、燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ ごとのセル群電圧 $V1 \sim Vn$ と燃料電池構造体2に流入する冷媒の流入温度とに基づいて燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ の入口温度と出口温度との温度差であるセル群温度差を推定するので、燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ ごとに温度センサを設置することなく、各燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ の発熱状況を検知することができ、各燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ による発熱を許容範囲内に制御することができる。これによれば、セル群ごとに温度センサを設置することによるコストアップや部品増加による信頼性の低下を招くことがなく、またセル群ごとの発熱量のばらつきを考慮して冷却水の流量を決める必要がないので、発熱量がばらついていない場合は冷却水流量を低減することが可能である。

20

【0054】

なお、本実施形態では、上述した式(11)をベースにセル群流出速度 T_{son} を算出したが、これに代えて、式(10)をベースにセル群流出速度 T_{son} を算出してもよい。このケースでは、セル群電圧 $V1 \sim Vn$ と所定電圧との電圧差に、燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ の発電電流を乗算し、燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ に流入する冷媒の比熱と目標流量とを除算することによってセル群温度差を推定するので、予め取得した冷媒の物性などを用いてセル群温度差を推定することができ、これによってより正確にセル群温度差を推定することが可能となる。

30

【0055】

さらに、本実施形態の燃料電池システム1では、燃料電池構造体2へ流入する冷媒の流入温度と流出する冷媒の流出温度とから燃料電池構造体2における冷媒の構造体温度差を算出し、この構造体温度差と燃料電池構造体2の出力電圧 V_t と燃料電池セル群 $S1 \sim Sn$ のセル群電圧 $V1 \sim Vn$ と燃料電池セル群の数 n とに基づいてセル群温度差を演算するので、燃料電池構造体2における冷却水の温度差と燃料電池構造体2の出力電圧 V_t を用いることによって、より正確にセル群温度差を演算することが可能となる。

40

【0056】

また、本実施形態の燃料電池システム1では、セル群電圧 $V1 \sim Vn$ と所定電圧との電圧差を、燃料電池構造体2の出力電圧と所定電圧 V_t との電圧差によって除算し、この算出結果に構造体温度差と燃料電池セル群の数 n とを乗算してセル群温度差を演算するので、より正確にセル群温度差を演算することが可能となる。

【0057】

さらに、本実施形態の燃料電池システム1では、セル群温度差が所定値より大きくなる

50

と、燃料電池構造体 2 による発電を停止するので、各燃料電池セル群 S 1 ~ S n に設計以上の熱応力がかかることを防止できる。さらに、その結果として燃料電池セル群 S 1 ~ S n ごとの発熱量のばらつきや燃料電池の経時劣化などに伴う発熱量の増加を考慮して温度マージンを設ける必要がなくなり、システムを停止させなければならない状況に陥ることを防止できる。

【0058】

また、本実施形態の燃料電池システム 1 では、セル群温度差に基づいて冷媒の流量を制御するので、燃料電池セル群 S 1 ~ S n に設計以上の熱応力がかからないように冷却水の流量を調整することができる。

【0059】

さらに、本実施形態の燃料電池システム 1 では、セル群温度差と燃料電池構造体 2 に流入する冷媒の流入温度とに基づいて、燃料電池セル群 S 1 ~ S n から流出する冷媒の温度であるセル群流出温度を推定するので、燃料電池セル群 S 1 ~ S n ごとに温度センサを設置することなく、各燃料電池セル群 S 1 ~ S n の発熱状況を検知することができ、これによって各燃料電池セル群 S 1 ~ S n による発熱を許容範囲内に制御することができる。

【0060】

また、本実施形態の燃料電池システム 1 では、セル群流出温度が所定値より大きくなると、燃料電池構造体 2 による発電を停止するので、各燃料電池セル群 S 1 ~ S n が設計以上の温度になることを防止できる。

【0061】

さらに、本実施形態の燃料電池システム 1 では、セル群流出温度に基づいて冷媒の流量を制御するので、各燃料電池セル群 S 1 ~ S n が設計以上の温度にならないように冷却水の流量を調整することができる。

【0062】

また、本実施形態の燃料電池システム 1 では、燃料電池セル群 S 1 ~ S n ごとに測定されたセル群電圧の総和を算出することによって燃料電池構造体 2 の出力電圧を算出するので、燃料電池構造体 2 の出力電圧を測定する出力電圧センサ V t を設置しなくてもシステムの制御を実施することが可能となる。

【0063】

さらに、本実施形態の燃料電池システム 1 では、燃料電池セル群 S 1 ~ S n を構成する燃料電池セルの数は、1 以上で燃料電池構造体 2 の総セル数以下の任意の数なので、セル群のセル数を 1 に設定することで、燃料電池セル群だけでなく各セル単位で、冷却水のセル群温度差を推定することができる。

【0064】

<第 2 の実施形態>

次に、本発明の第 2 の実施形態を図面に基づいて説明する。ただし、本実施形態の燃料電池システムの構成は第 1 の実施形態と同一なので、詳しい説明は省略する。また、図 2 で説明したシステム制御処理も同一である。

【0065】

図 6 は、本実施形態の燃料電池システムによる冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 N t c p の演算処理を示すフローチャートである。第 1 の実施形態の図 3 で説明した処理の代わりに実施されるものである。

【0066】

図 6 に示すように、まず燃料電池構造体 2 への指令電力が入力されると (S 501)、燃料電池構造体 2 への指令電力に対する冷却水循環ポンプ 5 の回転数演算テーブル M (P t) が入力される (S 502)。

【0067】

ここで、回転数演算テーブル M (P t) を図 7 に基づいて説明する。図 7 に示すように、回転数演算テーブル M (P t) は燃料電池構造体 2 への指令電力 P t に対する燃料電池構造体 2 の温度、及び所定温度以下に冷却するために必要となる冷却水の流量を予め設計

10

20

30

40

50

もしくは実験的に求めておき、制御部 3 に記憶させておいたものである。そして、一般的に指令電力 P_t の上昇に比例して冷却水循環ポンプ 5 の回転数も上昇するので右上がりの傾向になっている。

【0068】

そして、この回転数演算テーブル $M(P_t)$ に指令電力 P_t を入力して冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 $N_{tc p}$ を算出して (S503)、冷却水循環ポンプ 5 の目標回転数 $N_{tc p}$ の演算処理を終了する。

【0069】

また、上述した第 1 の実施形態では燃料電池構造体 2 の制限電力 P_{lim} = 指令電力 P_t として処理を実施していたが、本実施形態の燃料電池システムでは燃料電池構造体 2 の制限電力 P_{lim} を算出する。図 8 は、本実施形態の燃料電池システムによる燃料電池構造体 2 の制限電力 P_{lim} の演算処理を示すフローチャートである。

10

【0070】

図 8 に示すように、まず燃料電池構造体 2 へ流入する冷却水の流入温度 T_{in} が入力され (S601)、燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ のセル群温度差の目標値 ΔT_{ts} を入力する (S602)。また、セル群温度差の目標値の代わりに燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ のセル群流出温度の目標値を用いてもよい。

【0071】

そして、燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ から流出する冷却水のセル群流出温度 $T_{so1} \sim T_{son}$ の最大値 T_{sonmax} が入力されると (S603)、この最大値 T_{sonmax} と流入温度 T_{in} との差 ΔT_{sonmax} を求め、この ΔT_{sonmax} と目標値 ΔT_{ts} とを用いて PI 制御などに代表されるフィードバック制御を実施することによって、燃料電池構造体 2 から取出し可能な上限電力である制限電力 P_{lim} を算出して燃料電池構造体 2 の制限電力 P_{lim} の演算処理を終了する。

20

【0072】

このように、本実施形態の燃料電池システムでは、セル群温度差に基づいて燃料電池構造体 2 による発電電力の上限値を演算するので、セル群温度差を用いて燃料電池構造体 2 の発電電力を調整することができ、各燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ に設計以上の熱応力がかからないようにすることができる。

【0073】

30

また、本実施形態の燃料電池システムでは、セル群流出温度に基づいて燃料電池構造体 2 による発電電力の上限値を演算するので、セル群流出温度を用いて燃料電池構造体 2 の発電電力を調整することができ、各燃料電池セル群 $S_1 \sim S_n$ が設計以上の温度にならないようにすることが可能となる。

【0074】

<第 3 の実施形態>

次に、本発明の第 3 の実施形態を図 9 に基づいて説明する。図 9 は本実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【0075】

図 9 に示すように、本実施形態の燃料電池システム 91 は、放熱器 4 へ冷却風を送風する冷却ファン (冷媒冷却手段) 92 と、冷却ファン 92 を駆動するファンアクチュエータ A2 と、放熱器 4 をバイパスして冷却水を流すバイパス流路 L5 と、放熱器 4 側とバイパス流路 L5 側へ冷却水を分流する三方弁 93 と、三方弁 93 の開度を調整する三方弁アクチュエータ A3 とをさらに備えたことが第 1 の実施形態と異なっており、その他の構成については第 1 の実施形態と同様なので、詳しい説明は省略する。

40

【0076】

本実施形態の燃料電池システム 91 では、冷却ファン 92 と三方弁 93 を使用して放熱器 4 によってシステム外部に放出される熱量を調整し、これによって燃料電池構造体 2 の発電量に対する温度制御性の向上を目的とする。

【0077】

50

ここで、本実施形態の燃料電池システム91による冷却ファン及び三方弁の制御処理を図10のフローチャートに基づいて説明する。図10に示すように、まず燃料電池セル群S1～Snから流出する冷却水のセル群流出温度の目標値 T_{ts0} と、セル群流出温度の最大値 T_{sonmax} とを入力する(S701、S702)。ただし、セル群流出温度の代わりに、燃料電池セル群S1～Snから流出する冷却水と流入する冷却水の温度差であるセル群温度差を用いてもよい。

【0078】

次に、放熱器4の目標放熱量 Q_{to} に対する三方弁93の開度(位置)を規定した開度演算テーブルMV(Q_{to})と、目標放熱量 Q_{to} に対する冷却ファン92の回転数を規定した回転数演算テーブルMH(Q_{to})をそれぞれ入力する(S703、S704)。

10

【0079】

ここで開度演算テーブルMV(Q_{to})と回転数演算テーブルMH(Q_{to})は、放熱器4に流入する冷却水の流量に対する放熱量の関係や、冷却ファン92を回転させることによって放熱器4に当たる風量に対して放熱器4から放熱される放熱量の関係などを予め机上で検討したり、実機での確認を行ったりすることによって設計された値を制御テーブルとして、制御部3に記憶させたものである。

【0080】

ここで、三方弁93の開度演算テーブルMV(Q_{to})と冷却ファン92の回転数演算テーブルMH(Q_{to})の一例を図11及び図12に示す。図11に示すように、開度演算テーブルMV(Q_{to})では目標放熱量が上昇するにしたがって三方弁93の開度をバイパス流路L5側から放熱器4側へと切り替えていくように設定されている。

20

【0081】

同様に、冷却ファン92の回転数は、図12に示すように目標放熱量が上昇するにしたがって上昇するように設定されている。

【0082】

次に、入力されたセル群流出温度の目標値 T_{ts0} とセル群流出温度の最大値 T_{sonmax} とからPI制御などを用いたフィードバック演算を行うことによって放熱器4に対する目標放熱量 Q_{to} を演算する(S705)。

【0083】

そして、算出した目標放熱量 Q_{to} を開度演算テーブルMV(Q_{to})に入力して三方弁93の開度を算出し(S706)、また目標放熱量 Q_{to} を回転数演算テーブルMH(Q_{to})に入力して冷却ファン92の回転数を算出して(S707)本実施形態の燃料電池システム91による冷却ファン及び三方弁の制御処理を終了する。

30

【0084】

この後、制御部3が三方弁93の開度を求めた開度になるように三方弁アクチュエータA3を制御して、バイパス流路L5に流入する流量と放熱器4に流入する流量の配分を制御するとともに、ファンアクチュエータA2を制御して冷却ファン92の回転数が求めた回転数になるように制御する。

【0085】

このように、本実施形態の燃料電池システム91では、セル群温度差に基づいて冷却ファン92や三方弁93を制御するので、各燃料電池セル群S1～Snに設計以上の熱応力がかからないように制御することができる。

40

【0086】

また、本実施形態の燃料電池システム91では、セル群流出温度に基づいて冷却ファン92や三方弁93を制御するので、各燃料電池セル群S1～Snが設計以上の温度にならないように、放熱器4からの放熱量を調整することができる。

【0087】

以上、本発明の燃料電池システムについて、図示した実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は同様の機能を有する任意の構成のものに置き換えることができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池システムによるシステム制御処理を示すフローチャートである。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池システムによる冷却水循環ポンプの目標回転数演算処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池システムによるセル群流出温度の演算処理を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る燃料電池システムによる発電停止フラグの設定処理を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る燃料電池システムによる冷却水循環ポンプの目標回転数演算処理を示すフローチャートである。

【図7】冷却水循環ポンプの目標回転数演算テーブルを示す図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る燃料電池システムによる燃料電池構造体の制限電力演算処理を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る燃料電池システムによる冷却ファン及び三方弁の制御処理を示すフローチャートである。

【図11】三方弁の開度演算テーブルを示す図である。

【図12】冷却ファンの回転数演算テーブルを示す図である。

【符号の説明】

【0089】

- 1 燃料電池システム
- 2 燃料電池構造体
- 3 制御部（制御手段）
- 4 放熱器（冷媒冷却手段）
- 5 冷却水循環ポンプ
- 6 電力変換装置
- 7 酸化剤ガス流路
- 8 燃料ガス流路
- 9 2 冷却ファン（冷媒冷却手段）
- 9 3 三方弁
- A 1 ポンプアクチュエータ
- A 2 ファンアクチュエータ
- A 3 三方弁アクチュエータ
- L 1 冷媒供給流路
- L 2 冷媒分配流路
- L 3 冷媒合流流路
- L 4 冷媒排出流路
- L 5 バイパス流路
- S 1 ～ S n 燃料電池セル群
- T 1 入口温度センサ（冷媒流入温度測定手段）
- T 2 出口温度センサ（冷媒流出温度測定手段）
- V 1 ～ V n セル群電圧センサ（セル群電圧測定手段）
- V t 出力電圧センサ（出力電圧測定手段）

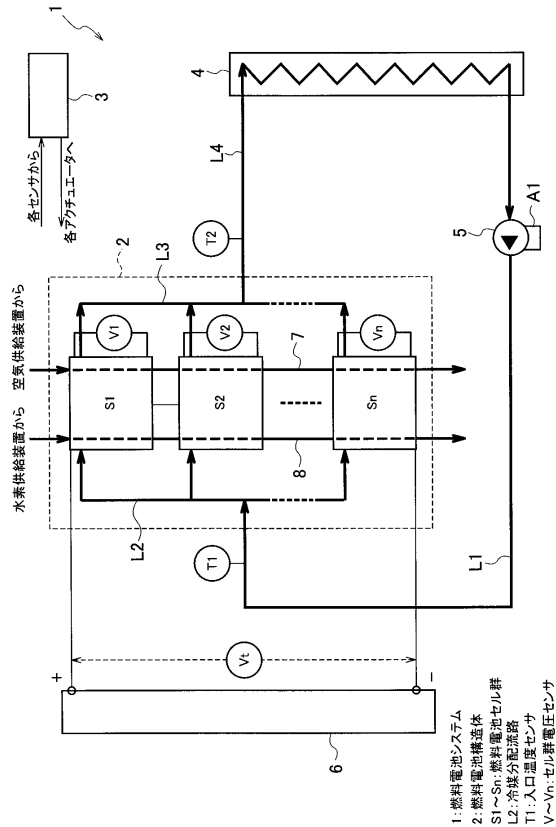
10

20

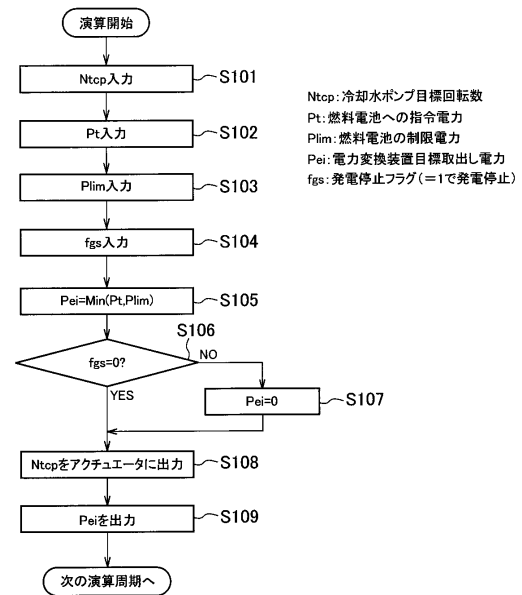
30

40

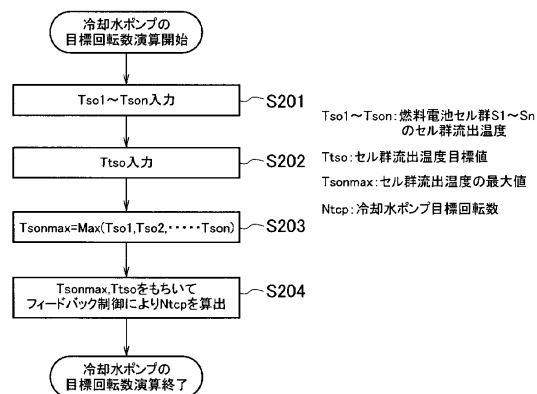
【図 1】



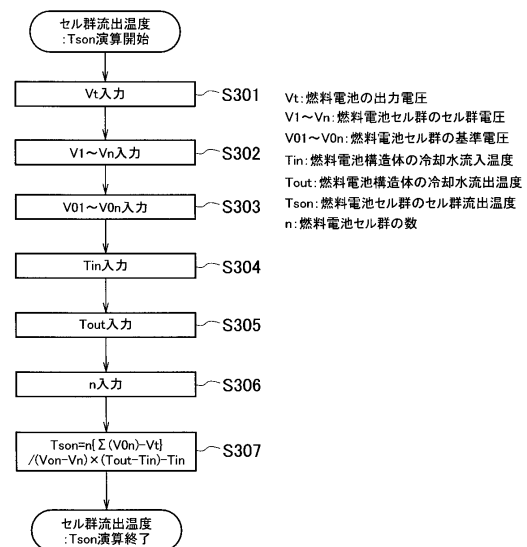
【図 2】



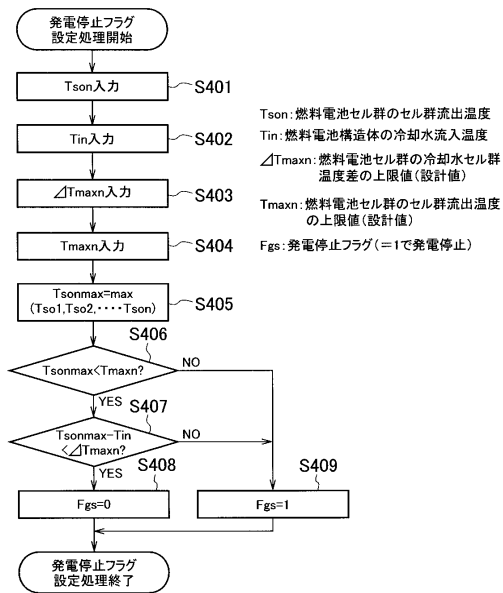
【図 3】



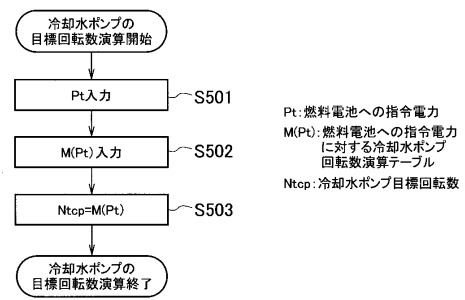
【図 4】



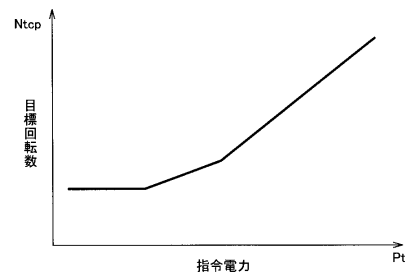
【図 5】



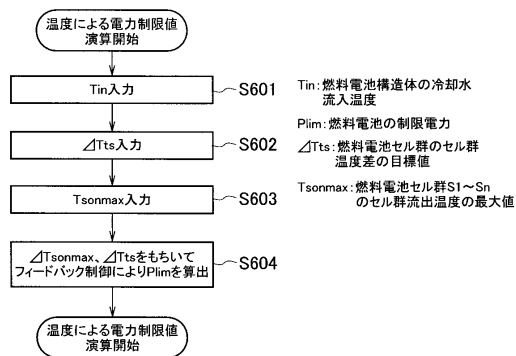
【図 6】



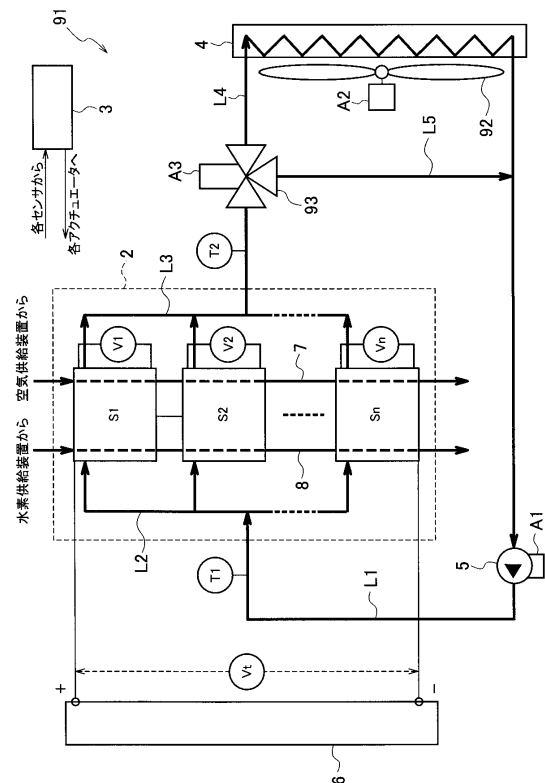
【図 7】



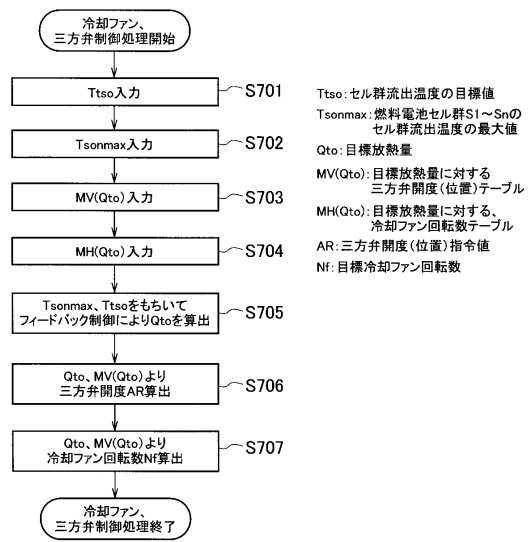
【図 8】



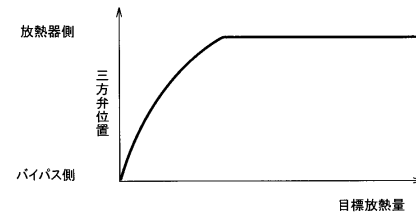
【図 9】



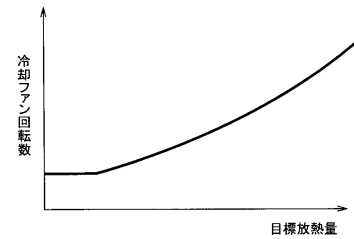
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 筑後 隼人
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 後藤 健一
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

審査官 村上 哲

- (56)参考文献 特開平04-315774 (JP, A)
特開2005-150019 (JP, A)
特開平08-315844 (JP, A)

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