

(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2007-280827
(P2007-280827A)

(43) 公開日 平成19年10月25日(2007. 10. 25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006. 01)	HO 1 M 8/04 T	5HO 2 6
HO 1 M 8/10 (2006. 01)	HO 1 M 8/04 J	5HO 2 7
HO 1 M 8/00 (2006. 01)	HO 1 M 8/04 X	
	HO 1 M 8/10	
	HO 1 M 8/00 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)		

(21) 出願番号	特願2006-107232 (P2006-107232)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成18年4月10日 (2006. 4. 10)		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	100079108
			弁理士 稲葉 良幸
		(74) 代理人	100093861
			弁理士 大賀 眞司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大賀 敏史
		(72) 発明者	真鍋 晃太
			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 AA04 AA05 AA06 HH08
			5H027 AA04 AA05 AA06 BA13 CC01
			DD00 DD03 KK28 KK46 MM16
			MM21

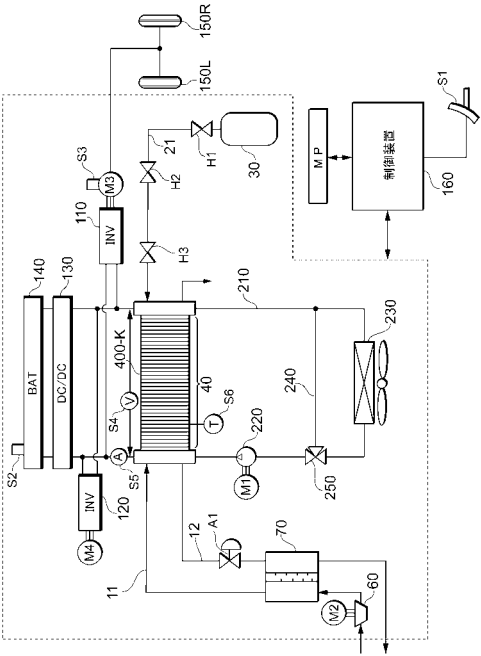
(54) 【発明の名称】 燃料電池用の温度制御システム

(57) 【要約】

【課題】 低温環境下で始動する場合においてもセル電圧バラツキを抑制することが可能な温度制御システムを提供する。

【解決手段】 制御装置160は、システム始動の際、燃料電池40の温度を検出することにより、低温始動が通常始動かを判定する。制御装置160は、低温始動すべきと判断すると、低温始動用の通水制御マップMPを参照し、冷却システムに循環させる冷却水の流量を調整する。この低温始動用の通水制御マップMPには、例えばシステムが許容する最大通水量が設定されている。これにより、低温環境下で始動する場合においてもセル間温度バラツキを抑えることが可能となる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱媒体を燃料電池に流通させることで該燃料電池の温度を制御する温度制御システムであって、

低温運転する際、通常運転時の流量よりも大きな流量の熱媒体を前記燃料電池に流通させる流通制御手段を具備することを特徴とする燃料電池用の温度制御システム。

【請求項 2】

当該システムを始動する際、前記燃料電池に関わる温度を検出し、検出結果に基づいて低温始動すべきか通常始動すべきかを判断する判断手段をさらに具備し、

前記流通制御手段は、低温始動する際、通常始動時の流量よりも大きな流量の熱媒体を前記燃料電池に流通させることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池用の温度制御システム。 10

【請求項 3】

前記燃料電池の端部には、前記低温運転の際に該端部を加熱するヒータが設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料電池用の温度制御システム。

【請求項 4】

前記熱媒体の流路には、前記低温運転の際に前記熱媒体を加熱するヒータが設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料電池用の温度制御システム。

【請求項 5】

前記熱媒体と外気との間で熱交換させるラジエータと、 20

前記低温運転する際、前記ラジエータの放熱を制限する制御手段とをさらに具備することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料電池用の温度制御システム。

【請求項 6】

前記低温運転時に流通させる前記熱媒体の流量は、当該システムが許容する最大流量であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 の請求項に記載の燃料電池用の温度制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池用の温度制御システムに関する。 30

【背景技術】

【0002】

水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化ガスの電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池システムが知られている。かかる燃料電池は高効率、クリーンな発電手段であるため、二輪車や自動車などの駆動動力源として大きな期待を集めている。

しかしながら、燃料電池は他の電源に比べて起動性が悪く、特に低温環境下で始動する場合には燃料電池の端部と中央部の間でセル電圧バラツキが生じる。一般に、複数のセルを積層した燃料電池の両端部にはエンドプレートが設けられている（図 9 参照）。低温始動する際には、発電に伴う自己発熱を有効に利用して燃料電池 1 を暖機するが、エンドプレート 3 はセル 2 に比べて熱容量が大きいいため、両端部のセル 2 の熱量がエンドプレート 3 に奪われてしまう。この結果、スタック内部でのセル位置による温度勾配が発生し、セル電圧バラツキが生じてしまうという問題がある。 40

このような問題にかんがみ、たとえば燃料電池の端部セルに断熱板を配置し、セル間での温度勾配を抑制する方法が提案されている（たとえば、特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開 2004 - 152052 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、低温環境下で運転（始動など）する場合には、端部セルで放熱するためにスタック内でより大きな温度勾配が生じてしまうといった問題がある。また、上記断熱 50

板を配置した場合にはシステムが大型化してしまうという問題もある。

【0004】

本発明は以上説明した事情を鑑みてされたものであり、低温環境下で始動する場合においてもセル電圧バラツキを抑制することが可能な温度制御システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上述した問題を解決するため、本発明に係る燃料電池用の温度制御システムは、熱媒体を燃料電池に流通させることで該燃料電池の温度を制御する温度制御システムであって、低温運転する際、通常運転時の流量よりも大きな流量の熱媒体を前記燃料電池に流通させる流通制御手段を具備することを特徴とする。

10

【0006】

ここで、「低温」とは、例えば常温より低い温度、零度近傍または氷点下の場合をいい、「通常時より大きな流量」とは、絶対的な流量のほか流速、圧力も含む趣旨である。かかる構成によれば、低温始動時の熱媒体（冷却水など）の流量を通常始動時の熱媒体の流量よりも大きく設定しているため、低温始動時に暖機する場合においてもセル間温度バラツキを抑えることができ、結果としてセル電圧バラツキを抑えることが可能となる。

【0007】

ここで、上記構成にあつては、当該システムを始動する際、前記燃料電池に関わる温度を検出し、検出結果に基づいて低温始動すべきか通常始動すべきかを判断する判断手段をさらに具備し、前記流通制御手段は、低温始動する際、通常始動時の流量よりも大きな流量の熱媒体を前記燃料電池に流通させる構成が好ましい。

20

【0008】

また、前記低温運転の際に燃料電池の端部を加熱するヒータを設けたり、前記低温運転の際に前記熱媒体を加熱するヒータを設けた構成が好ましい(図6～図8参照)。さらに、前記低温運転時に流通させる前記熱媒体の流量は、当該システムが許容する最大流量であっても良い。

【発明の効果】

【0009】

以上説明したように、本発明によれば、低温環境下で始動する場合においてもセル電圧バラツキを抑制することが可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0011】

A．本実施形態

図1は本実施形態に係る燃料電池システム100の要部構成を示す図である。本実施形態では、燃料電池自動車(FCHV)、電気自動車、ハイブリッド自動車などの車両に搭載される燃料電池システムを想定するが、車両のみならず各種移動体(例えば、船舶や飛行機、ロボットなど)や定置型電源にも適用可能である。

40

【0012】

燃料電池40は、供給される反応ガス(燃料ガス及び酸化ガス)から電力を発生する手段であり、MEA(膜/電極接合体)などを備えた複数の単セル400-k(1 k n)を直列に積層したスタック構造を有している。具体的には、固体高分子型、磷酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。

【0013】

燃料ガス供給源30は、燃料電池40へ水素ガスなどの燃料ガスを供給する手段であり、例えば高圧水素タンク、水素貯蔵タンクなどによって構成される。燃料ガス供給路21は、燃料ガス供給源30から放出される燃料ガスを燃料電池40のアノード極に導くためのガス流路であり、そのガス流路には上流から下流にかけてタンクバルブH1、水素供給

50

バルブ H 2、F C 入口バルブ H 3 などの弁が配設されている。タンクバルブ H 1、水素供給バルブ H 2、F C 入口バルブ H 3 は、燃料ガス供給路 2 1 や燃料電池 4 0 へ燃料ガスを供給（または遮断）するためのシャットバルブであり、例えば電磁弁によって構成されている。

【 0 0 1 4 】

エアコンプレッサ 6 0 は、エアフィルタ（図示略）を介して外気から取り込んだ酸素（酸化ガス）を燃料電池 4 0 のカソード極に供給する。燃料電池 4 0 のカソードからはカソードオフガスが排出される。カソードオフガスには、燃料電池 4 0 の電池反応に供した後の酸素オフガスなどが含まれる。このカソードオフガスは、燃料電池 4 0 の電池反応により生成された水分を含むため高湿潤状態となっている。

10

【 0 0 1 5 】

加湿モジュール 7 0 は、酸化ガス供給路 1 1 を流れる低湿潤状態の酸化ガスと、カソードオフガス流路 1 2 を流れる高湿潤状態のカソードオフガスとの間で水分交換を行い、燃料電池 4 0 に供給される酸化ガスを適度に加湿する。燃料電池 4 0 に供給される酸化ガスの背圧は、カソードオフガス流路 1 2 のカソード出口付近に配設された圧力調整弁 A 1 によって調圧される。

【 0 0 1 6 】

燃料電池 4 0 で発電された直流電力の一部は D C / D C コンバータ 1 3 0 によって降圧され、バッテリー 1 4 0 に充電される。

バッテリー 1 4 0 は、充放電可能な二次電池であり、種々のタイプの二次電池（例えばニッケル水素バッテリーなど）により構成されている。もちろん、バッテリー 1 4 0 に代えて二次電池以外の充放電可能な蓄電器、例えばキャパシタを用いても良い。

20

【 0 0 1 7 】

トラクションインバータ 1 1 0 及び補機インバータ 1 2 0 は、パルス幅変調方式の P W M インバータであり、与えられる制御指令に応じて燃料電池 4 0 またはバッテリー 1 4 0 から出力される直流電力を三相交流電力に変換してトラクションモータ M 3 及び補機モータ M 4 へ供給する。

トラクションモータ M 3 は車輪 1 5 0 L、1 5 0 R を駆動するためのモータであり、補機モータ M 4 は各種補機類を駆動するためのモータである。なお、補機モータ M 4 はエアコンプレッサ 6 0 を駆動するモータ M 2、冷却水ポンプ 2 2 0 を駆動するモータ M 1 等を

30

【 0 0 1 8 】

冷却システム 2 0 0 は、不凍液冷却水（熱媒体）などを燃料電池 4 0 に循環させて各セル 4 0 0 - k の温度を制御するものであり、冷却水を燃料電池 4 0 に循環させるための冷却水循環路 2 1 0、冷却水の流量を調整するための冷却水ポンプ 2 2 0、冷却水を冷却するためのラジエータ 2 3 0 を備えている。各セル 4 0 0 - k を循環する冷却水は、ラジエータ 2 3 0 にて外気と熱交換され冷却される。また、冷却システム 2 0 0 には、冷却水についてラジエータ 2 3 0 をバイパスさせるバイパス流路 2 4 0 が設けられている。ラジエータ 2 3 0 を通過させる冷却水の流量とラジエータ 2 3 0 をバイパスさせる冷却水のバイパス流量の流量比は、ロータリーバルブ 2 5 0 の開度を調整することで所望の値に制御される。

40

【 0 0 1 9 】

制御装置 1 6 0 は、C P U、R O M、R A M などにより構成され、入力される各センサ信号に基づき、当該システムの各部を中枢的に制御する。具体的には、アクセルペダル開度を検出するアクセルペダルセンサ s 1、バッテリー 1 4 0 の充電状態 S O C（State of Charge）を検出する S O C センサ s 2、トラクションモータ M 3 の回転数を検知する T / C モータ回転数検知センサ s 3、燃料電池 4 0 の出力電圧、出力電流、内部温度をそれぞれ検出する電圧センサ s 4、電流センサ s 5、温度センサ s 6 などから入力される各センサ信号に基づいて、インバータ 1 1 0、1 2 0 の出力パルス幅などを制御する。

また、制御装置（流通制御手段）1 6 0 は、温度センサ s 6 によって検出されるシステ

50

ム起動時の燃料電池 40 の温度に基づき、冷却水循環路 210 に流す冷却水の流量を調整する（詳細は後述）。

【0020】

図 2 は、燃料電池の温度分布を示す図であり、低温始動時のセルの温度勾配を実線で示し、暖機完了後の通常運転時のセルの温度勾配を破線で示している。また、横軸にセル番号（ $n = 200$ ）、縦軸に温度を示す。

図 2 に示すように、暖機完了後の通常運転状態においては各セルの温度は略均一であるのに対し、低温始動時の暖機運転状態においては端部セルの昇温が中央セルの昇温に比べて遅れる（解決しようとする課題の項参照）。

【0021】

図 3 は、燃料電池の電流・電圧特性（以下、 $I-V$ 特性）の温度依存性を示す図であり、 60 、 40 、 20 、 -10 の $I-V$ 特性をそれぞれ示す。

図 3 に示すように、燃料電池 40 の $I-V$ 特性には温度依存性があり、温度が低いほど $I-V$ 特性が悪くなる。ここで、燃料電池 40 を構成する各セルは直列に接続されているため、いずれのセルにも同一電流（例えば図 3 に示す電流 I_t ）が流れる。図 4 は、電流 I_t が流れる場合の各温度でのセル電圧を時系列プロットしたものである。図 4 に示すように、温度が低いほど（ $I-V$ 特性が悪いほど）セル電圧が低くなる。極端な例として図 3 及び図 4 では -10 の $I-V$ 特性、セル電圧を示しているが、かかる特性を有するセルが燃料電池 40 の中に存在すれば、そのセル電圧は逆電位となり、電流制限あるいはシステム停止等の処置が必要となる。かかる事情に鑑み、本実施形態では低温始動時におけるセル間温度バラツキを抑制することで、セル電圧バラツキの抑制を図っている。以下、セル間温度バラツキを抑制するための具体的な方法について説明する。

【0022】

図 5 は、システム始動時に制御装置 160 によって実行される処理を示す図である。

制御装置 160 は、イグニッションキーが ON されるなどして操作部からシステムの始動命令を受け取ると、温度センサ 56 によって検知される燃料電池 40 の温度 T_s を把握する（ステップ S1）。なお、燃料電池 40 の温度 T_s を利用する代わりに外気温度や冷却水の温度（燃料電池に関わる温度）を利用しても良い。

【0023】

制御装置（判断手段）160 は、燃料電池 40 の温度 T_s の検出結果に基づいて低温始動すべきか通常始動すべきかを判断する。詳述すると、制御装置 160 はシステム始動時の燃料電池 40 の温度 T_s が予め設定された基準温度 T_{th} を越えている場合には（ステップ S2；NO）、ステップ S6 に進み、通常始動処理を行う一方、システム始動時の燃料電池 40 の温度 T_s が予め設定された基準温度 T_{th} 以下である場合には（ステップ S2；YES）、低温始動すべきと判断し、ステップ S3 に進む。基準温度 T_{th} としては、例えば常温より低い温度、零度近傍または氷点下などが挙げられるが、いずれの温度に設定するかは任意である。

【0024】

制御装置 160 は、ステップ S3 においてメモリに格納されている低温始動用の通水制御マップ MP を参照し、冷却システムに循環させる冷却水の流量を調整する。この低温始動用の通水制御マップ MP には、冷却水の通水量と冷却ポンプ 220 の回転数とが対応付けて登録されている。低温始動時における通水量 W_l は、通常始動時における通水量 W_h （ $< W_l$ ）よりも大きな値に設定されている。なお、低温始動時における通水量としてシステムが許容する最大通水量を設定しても良いが、セル間温度バラツキを抑制することができる通水量であればどのような値でも良い。もちろん、通水量のみならず、流速や圧力を制御しても良い。さらに、通水量は一定に限る趣旨ではなく、燃料電池 40 の温度や出力電圧などに応じて適宜変更しても良い。

【0025】

制御装置 160 は、低温始動用の通水制御マップ MP1 を用いて冷却水の通水制御を開始すると、発電に伴う自己発熱を有効に利用して燃料電池 40 の暖機を開始する（ステッ

10

20

30

40

50

ブ S 4)。具体的には、酸化ガス欠乏状態で燃料電池 4 0 を運転 (低効率運転) することにより、効率的に燃料電池 4 0 を暖機する。制御装置 1 6 0 は、ステップ S 5 に進むと、温度センサ s 6 によって検知される燃料電池 4 0 の温度 T s を把握し、設定された目標温度 T o に到達したか否かを判断する。未だ目標温度 T o に到達していないと判断した場合には、ステップ S 3 に戻り、上述した一連の処理を繰り返し実行する一方、目標温度 T o に到達していると判断した場合には暖機運転を終了し、通常運転を開始する。

【 0 0 2 6 】

以上説明したように、本実施形態によれば、低温始動時の冷却水の通水量を通常始動時の冷却水の通水量よりも大きく設定しているため、暖機運転を行う場合においてもセル間温度バラツキを抑えることができ、燃料電池全体として均質な昇温特性を得ることが可能となる。なお、低温で運転 (低温運転) するのであれば、始動時に限られないのはもちろんである。

【 0 0 2 7 】

B . 変形例

(1) 上述した実施形態では、冷却水についてラジエータ 2 3 0 をバイパスさせるバイパス流路 2 4 0 を設け、ラジエータ 2 3 0 を通過させる冷却水の流量とラジエータ 2 3 0 をバイパスさせる冷却水のバイパス流量の流量比を制御することでラジエータ 2 3 0 の放熱制限を行ったが、冷却ファンの駆動を制御することでラジエータ 2 3 0 の放熱制限を行っても良い。

(2) また、上述した本実施形態では、通水量を制御することでセル間温度バラツキを抑制したが、これに加えて (または代えて) 冷却水の温度等を制御することで、短時間で均質な昇温を実現しても良い。具体的には、図 6 に示すように燃料電池 4 0 の端部に加熱用のヒータ 1 9 0 を設置し、端部セルの温度を制御することで端部セルの昇温立ち遅れを防止しても良い。また、バイパス流路 2 4 0 や (図 7 参照)、冷却水循環路 2 1 0 にヒータ 1 9 0 を設置し (図 8 参照)、冷却水の温度を制御することでセル間温度バラツキを抑えるようにしても良い。なお、バイパス流路 2 4 0 にヒータ 1 9 0 を設置した場合には、通常冷却時 (冷却水の温度制御を行わない時) の圧力損失を低減することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 本実施形態に係る燃料電池システムの要部構成を示す図である。

【 図 2 】 同実施形態に係る燃料電池の温度分布を示す図である。

【 図 3 】 同実施形態に係る燃料電池の I V 特性の温度依存性を示す図である。

【 図 4 】 同実施形態に係る各温度でのセル電圧を時系列プロットした図である。

【 図 5 】 同実施形態に係るシステム始動時の動作を示すフローチャートである。

【 図 6 】 変形例に係るヒータの設置例を示す図である。

【 図 7 】 変形例に係るヒータの設置例を示す図である。

【 図 8 】 変形例に係るヒータの設置例を示す図である。

【 図 9 】 燃料電池の概略構成を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 9 】

3 0 . . . 燃料ガス供給源、 4 0 . . . 燃料電池、 4 0 0 - k . . . セル、 6 0 . . . エアコンプレッサ、 7 0 . . . 加湿モジュール、 1 1 0 . . . トラクションインバータ、 1 2 0 . . . 補機インバータ、 1 3 0 . . . D C / D C コンバータ、 1 4 0 . . . バッテリ、 1 5 0 L、 1 5 0 R . . . 車輪、 1 6 0 . . . 制御装置、 H 1 . . . タンクバルブ、 H 2 . . . 水素供給バルブ、 H 3 . . . F C 入口バルブ、 A 1 . . . 圧力調整弁、 1 1 . . . 酸化ガス供給路、 1 2 . . . カソードオフガス流路、 2 1 . . . 燃料ガス供給路、 2 0 0 . . . 冷却システム、 2 1 0 . . . 冷却水循環路、 2 2 0 . . . 冷却水ポンプ、 2 3 0 . . . ラジエータ、 2 4 0 . . . バイパス流路、 2 5 0 . . . ロータリーバルブ、 s 1 . . . アクセルペダルセンサ、 s 2 . . . S O C センサ、 s 3 . . . T / C モータ回転数検出センサ、 s 4 . . . 電圧センサ、 s 5 . . . 電流センサ、 s 6 . . . 温度センサ、 M P

10

20

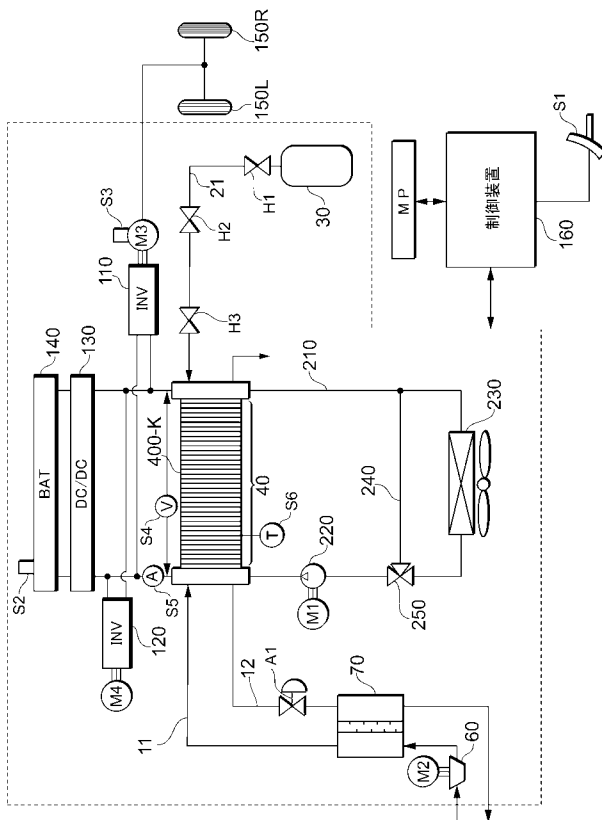
30

40

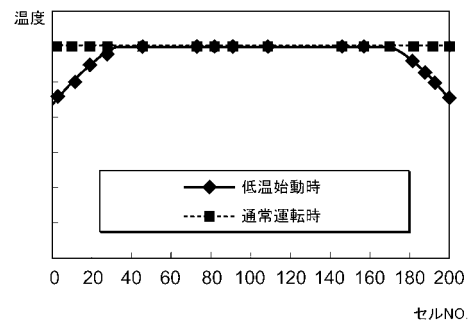
50

・ ・ ・ 低温始動用の通水制御マップ、 1 0 0 ・ ・ ・ 燃料電池システム。

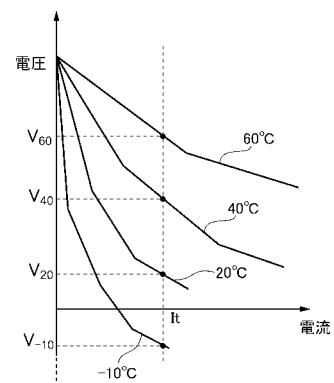
【 図 1 】



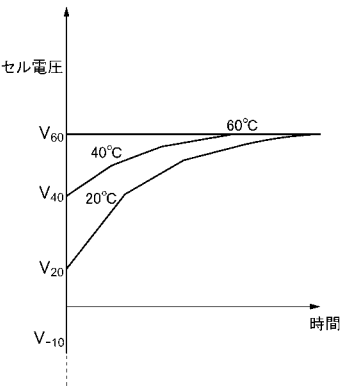
【 図 2 】



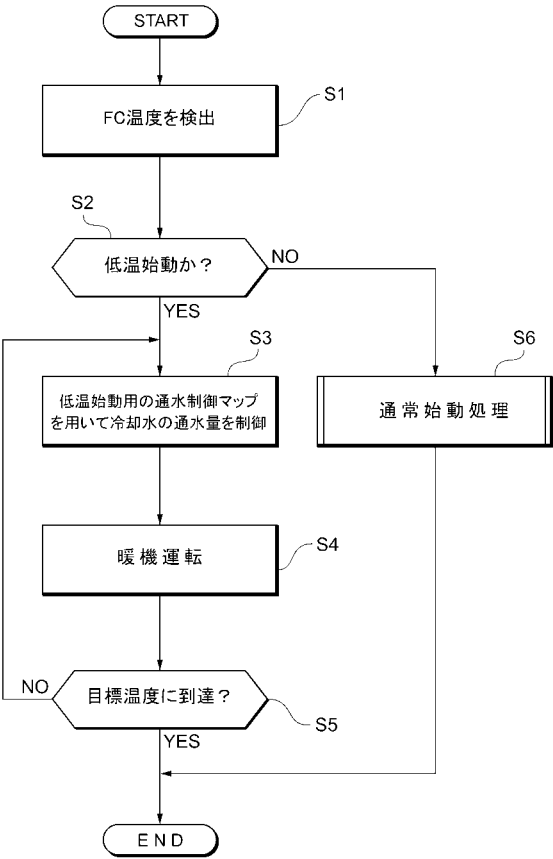
【 図 3 】



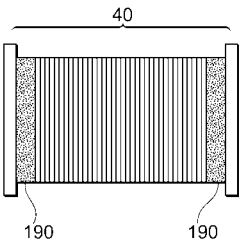
【 図 4 】



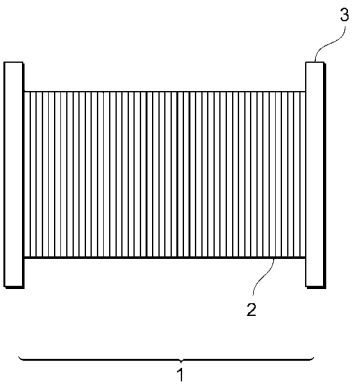
【 図 5 】



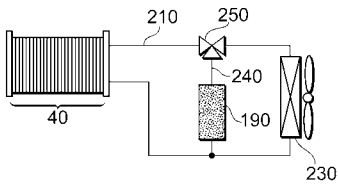
【 図 6 】



【 図 9 】



【 図 7 】



【 図 8 】

