

明 細 書

発明の名称：

流体通流システム、流量制御方法、制御装置、及びコンピュータプログラム

技術分野

[0001] 本発明の実施の形態は、流体通流システム、流量制御方法、制御装置、及びコンピュータプログラムに関する。

背景技術

[0002] 圧縮機、凝縮器、膨張弁及び蒸発器を有する冷凍装置と、水、ブライン等の流体を循環させる流体通流装置とを備え、流体通流装置が循環させる流体を冷凍装置の蒸発器によって冷却する温度制御システムが知られている。本件出願人は、この種のシステムを例えば特許文献1で以前提案している（JP 6053907）。

発明の概要

[0003] 製造プラントでは、製造プロセスの切り換えに伴って温度条件が切り換えられることがある。この際、温度制御に使用している流体の流量が変更されることがある。このような流量変更は、例えば温度制御対象に対する冷凍能力を増加させたい場合に行われる。そして、このような流量変更においては、最近、極めて高い応答性を求められる場合がある。

[0004] 上述した温度制御システムで流体通流装置が通流させる流体の流量を切り換える場合、PID制御により流体通流装置が循環させる流体の流量を制御してもよい。PID制御では、ゲイン調整により応答性の改善が図れる。しかしながら、PID制御においてゲイン調整を行ったとしても、近年の応答性に関する高い要求を充足できない場合がある。

[0005] 一方で、応答性を改善するべくフィードフォワード制御がPID制御系に組み込まれることがある。フィードフォワード制御では、大きい制御量をPID制御と切り離して入力できるため、応答性の改善が図れる。しかしなが

ら、フィードフォワード制御では、操作量の設定やその導出手順によっては、応答性が損なわれる場合もある。例えば、流路長が変更されたり、流路の配置条件が変更されたりする場合、ある条件で定めるフィードフォワードの設定値が、他の条件においても適正であるとは言えない。例えばこのような場合、他の条件で同じ設定値を用いると、望ましい制御が行われないことがある。

[0006] そこで、本発明の課題は、流量の切り替え時の応答性を安定的に向上させることができる流体通流システム、流量制御方法、制御装置、及びコンピュータプログラムを提供することである。

[0007] 本発明の一実施の形態に係る流体通流システムは、ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置と、前記流体通流装置を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する、流体通流システム、である。

[0008] また、本発明の一実施の形態に係る流量制御方法は、ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムにおける流量制御方法であって、前記流体に対する目標流量が変更されたかを検出する工程と、前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する工程と、を備える、流量制御方法、である。

[0009] また、本発明の一実施の形態に係る制御装置は、ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムを制御する制御装置であって、前記流体に対する目標流量が変更された際、前

記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する、制御装置、である。

[0010] また、本発明の一実施の形態に係るコンピュータプログラムは、ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムを制御するためのコンピュータプログラムであって、前記流体に対する目標流量が変更されたかを検出するステップと、前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更するステップと、をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム、である。

[0011] 本発明によれば、流量の切り替え時の応答性を安定的に向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]一実施の形態に係る流体通流システムとしての温度制御システムを概略的に示す図である。

[図2]図1の温度制御システムを構成する制御装置の機能構成を示すブロック図である。

[図3]図1の温度制御システムの動作を説明するフローチャートである。

[図4]図1の温度制御システムの動作を説明するフローチャートである。

[図5]図1の温度制御システムの構成機器の動作及び流量制御の様子を説明するグラフを示す図である。

[図6]一変形例に係る温度制御システムの動作を説明するフローチャートである。

[図7]図6に関連する温度制御システムの動作を説明するフローチャートである。

[図8]一実施の形態又は変形例に係る温度制御システムの適用例を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の一実施の形態を説明する。

[0014] <温度制御システムの構成>

図1は、一実施の形態に係る流体通流システムとしての温度制御システム1の概略図である。図1に示す温度制御システム1は、冷凍装置10と、流体通流装置20と、制御装置30と、を備える。

[0015] 冷凍装置10は、流体通流装置20が通流させる流体を冷媒によって温度制御する。流体通流装置20は、冷凍装置10によって温度制御された流体を温度制御対象Tへ供給する。

[0016] 流体通流装置20は、温度制御対象Tを経由した流体を循環させるようになっている。そして、温度制御対象Tから戻った流体は、冷凍装置10によって再度温度制御される。流体通流装置20で循環させる流体は、例えばブラインであるが、水等の他の流体でもよい。

[0017] 制御装置30は、冷凍装置10及び流体通流装置20を制御するように構成され、例えばユーザの操作に応じて温度制御対象Tへ供給する流体の目標温度及び目標流量を設定したり、流体の状態が設定された目標温度及び目標流量になるように各部を制御したりする。以下、温度制御システム1の各部について詳述する。

[0018] 冷凍装置10は、圧縮機11、凝縮器12、膨張弁13及び蒸発器14を含む。圧縮機11、凝縮器12、膨張弁13及び蒸発器14は、冷媒を循環させるようにこの順序で配管15により接続されている。

[0019] 圧縮機11は、蒸発器14から流出した低温且つ低圧の気体の状態の冷媒を圧縮し、高温且つ高圧の気体の状態として、凝縮器12に供給するようになっている。凝縮器12は、圧縮機11で圧縮された冷媒を例えば冷却水によって冷却すると共に凝縮し、所定の冷却温度の高圧の液体の状態として、膨張弁13に供給するようになっている。凝縮器12に通す冷却水は、水で

もよいし、その他の冷媒でもよい。なお、凝縮器 12 は空冷式でもよい。

[0020] 膨張弁 13 は、凝縮器 12 から供給された冷媒を膨張させることにより減圧させて、低温且つ低圧の気液混合状態として、蒸発器 14 に供給するようになっている。蒸発器 14 は、膨張弁 13 から供給された冷媒を、流体通流装置 20 の流体と熱交換させる。ここで、流体と熱交換した冷媒は、低温且つ低圧の気体の状態となって蒸発器 14 から流出して圧縮機 11 に戻る。そして、蒸発器 14 から流出した冷媒は、再び圧縮機 11 で圧縮される。

[0021] 流体通流装置 20 は、流入口 21 U と流出口 21 D とを有する主流路 21 を含んでおり、主流路 21 は、流入口 21 U 及び流出口 21 D のそれぞれを温度制御対象 T に接続している。主流路 21 は、流入口 21 U と流出口 21 D との間に熱交換部 21 E を有し、流入口 21 U で受け入れた流体を熱交換部 21 E を通して流出口 21 D へ通流させる。

[0022] 流体通流装置 20 は、熱交換部 21 E における流体を蒸発器 14 における冷媒と熱交換させた後、流出口 21 D から温度制御対象 T に流体を送る。そして、流体通流装置 20 は、温度制御対象 T を経由した流体を流入口 21 U で受け入れる。そして、流体通流装置 20 は、流入口 21 U に流入した流体を蒸発器 14 で再度熱交換させる。

[0023] また、流体通流装置 20 は、ポンプ 22、タンク 23、バイパス流路 24、弁機構 25、第 1 温度センサ 26、第 2 温度センサ 27、及び流量センサ 28 をさらに備えている。

[0024] ポンプ 22 は、主流路 21 の一部を構成し、流体を通流させるための駆動力を発生させる。ポンプ 22 は、主流路 21 における熱交換部 21 E よりも上流側の部分に配置されているが、その位置は特に限られるものではない。ポンプ 22 は、制御装置 30 に電氣的に接続されており、制御装置 30 によって回転数を制御されるようになっている。ポンプ 22 の回転数が増減することにより、流体通流装置 20 を通流する流体の流量を調節できる。

[0025] タンク 23 も、主流路 21 における熱交換部 21 E よりも上流側の部分に配置されている。タンク 23 は、一定量の流体を貯留するために設けられ且

つ主流路 2 1 の一部を構成する。本実施の形態では、ポンプ 2 2 がタンク 2 3 内に配置されるが、ポンプ 2 2 はタンク 2 3 の外に設けられてもよい。

[0026] バイパス流路 2 4 は、主流路 2 1 における熱交換部 2 1 E の上流側の部分と下流側の部分とを接続し、主流路 2 1 の上流側の部分から受け入れた流体を通流させる。弁機構 2 5 は、主流路 2 1 において熱交換部 2 1 E を通流する流体の流量とバイパス流路 2 4 を通流する流体の流量とを調節する。

[0027] 本実施の形態における弁機構 2 5 は三方弁 2 5 V を含んで構成される。三方弁 2 5 V は、第 1 ポート 2 5 1 と、第 2 ポート 2 5 2 と、第 3 ポート 2 5 3 とを含む。そして、第 1 ポート 2 5 1 から第 2 ポート 2 5 2 に至る流路は、主流路 2 1 の一部を構成している。ここで、バイパス流路 2 4 は、その上流端開口を主流路 2 1 におけるポンプ 2 2 の下流側であって熱交換部 2 1 E の上流側の部分に接続し、その下流端開口を三方弁 2 5 V の第 3 ポート 2 5 3 に接続している。

[0028] 三方弁 2 5 V は、第 1 ポート 2 5 1 に流入して第 2 ポート 2 5 2 から流出する流体の流量と、第 3 ポート 2 5 3 に流入して第 2 ポート 2 5 2 から流出する流体の流量との割合を調節できる。これにより、主流路 2 1 において熱交換部 2 1 E を通流する流体の流量とバイパス流路 2 4 を通流する流体の流量との割合を調節できる。なお、弁機構 2 5 は三方弁 2 5 V を含んで構成されるが、2 つ以上の二方弁を組み合わせた構成でもよい。三方弁 2 5 V はモータバルブでもよいし、二方弁は電磁弁でもよい。

[0029] 第 1 温度センサ 2 6 は、主流路 2 1 における熱交換部 2 1 E の下流側の部分を通流する流体の温度を検出する。詳しくは、第 1 温度センサ 2 6 は、主流路 2 1 におけるバイパス流路 2 4 の下流端との接続位置の下流側の部分を通流する流体の温度、具体的には三方弁 2 5 V の下流側の部分を通流する流体の温度を検出する。

[0030] 第 2 温度センサ 2 7 は、主流路 2 1 における熱交換部 2 1 E の上流側の部分を通流する流体の温度を検出する。詳しくは、第 2 温度センサ 2 7 は、主流路 2 1 における流入口 2 1 U とタンク 2 3 との間の部分を通流する流体の

温度を検出する。なお、第2温度センサ27の検出位置は上記態様でなくてもよく、タンク23内や、主流路21におけるタンク23と熱交換部21Eとの間の部分等でもよい。

[0031] また、流量センサ28は、主流路21におけるバイパス流路24の下流端との接続位置の下流側の部分を通流する流体の流量、具体的には三方弁25Vの下流側の部分を通流する流体の流量を検出する。すなわち、流量センサ28は、温度制御対象Tに供給される流体の流量を検出する。

[0032] 以上に説明した第1温度センサ26、第2温度センサ27及び流量センサ28は、制御装置30に電氣的に接続されており、各センサが検出する情報（温度情報、流量情報）は、制御装置30に送信されることになる。

[0033] 制御装置30は、冷凍装置10及び流体通流装置20の動作を制御するコントローラであって、例えばCPU、ROM等を有するコンピュータで構成されてもよい。この場合、ROMに格納されたプログラムに従い、各種処理が行われる。なお、制御装置30は、その他のプロセッサや電気回路（例えばFPGA（Field Programmable Gate Array）等）で構成されてもよい。

[0034] 制御装置30は、例えば流体通流装置20が通流させる流体に対して設定される目標温度に流体の温度を温度制御するべく、冷凍装置10及び流体通流装置20を制御する。この際、制御装置30は、冷凍装置10における圧縮機11の回転数及び膨張弁13の開度を制御する。制御装置30は、流体通流装置20におけるポンプ22の回転数及び弁機構25の動作を制御する。以下、制御装置30の構成について詳しく説明する。

[0035] <制御装置の構成>

図2は、制御装置30の機能構成を示すブロック図である。図2に示すように、制御装置30は、インタフェース部301と、目標温度設定部302Aと、目標流量設定部302Bと、温度取得部303と、流量取得部304と、熱負荷演算部305と、移行判定部306と、圧縮機制御部307と、膨張弁制御部308と、弁機構制御部309と、ポンプ制御部310と、を

有する。これら各機能部の大部分は、例えばプログラムが実行されることにより実現される。

[0036] なお、制御装置 30 は、例えば一つのコンピュータで構成されてもよいし、複数のコンピュータで構成されてもよい。複数のコンピュータで構成される場合、上記複数の機能部は、複数のコンピュータに振り分けられてもよい。また、制御装置 30 は冷凍装置 10 及び流体通流装置 20 を制御するが、詳しくは上記複数の機能部のいずれかをを用いて冷凍装置 10 及び流体通流装置 20 の制御を行う。以下、各機能部について詳述する。

[0037] インタフェース部 301 は、外部から情報を受け取り且つ外部に情報を供給する。インタフェース部 301 は、例えばユーザが操作する操作手段からの入力又は外部からの装置の入力により、流体通流装置 20 で通流させる流体の目標温度の情報を取得し、例えば目標温度設定部 302A に供給する。また、インタフェース部 301 は、運転開始指令、ユーザからの停止指令、流体通流装置 20 で通流させる流体の目標流量等の情報も取得する。インタフェース部 301 は、目標流量の情報を取得した場合、ポンプ制御部 310 等に当該情報を供給する。

[0038] 目標温度設定部 302A は、インタフェース部 301 から取得した目標温度の情報を、内部で目標温度として設定し、保持しておく。また、目標温度設定部 302A は、取得した目標温度の情報を熱負荷演算部 305、移行判定部 306、圧縮機制御部 307、膨張弁制御部 308、弁機構制御部 309 等に供給する。

[0039] 目標流量設定部 302B は、インタフェース部 301 から取得した目標流量の情報を、内部で目標流量として設定し、保持しておく。また、目標流量設定部 302B は、取得した目標流量の情報を、移行判定部 306、ポンプ制御部 310 等に供給する。

[0040] 温度取得部 303 は、第 1 温度センサ 26 が検出する流体の温度の情報と、第 2 温度センサ 27 が検出する流体の温度の情報と、を取得する。温度取得部 303 は、常時又は所定周期で温度の情報を取得し、第 1 温度センサ 2

6から取得する熱交換部21Eの下流側を通流する流体の温度の情報を、移行判定部306、圧縮機制御部307、膨張弁制御部308、弁機構制御部309等へ供給する。また、温度取得部303は、第2温度センサ27から取得する熱交換部21Eの上流側を通流する流体の温度の情報を熱負荷演算部305へ供給する。

[0041] 流量取得部304は、流量センサ28が検出する流体の流量情報を取得する。流量取得部304は、常時又は所定周期で流量情報を取得し、取得した流量情報を熱負荷演算部305、ポンプ制御部310等へ供給する。

[0042] 熱負荷演算部305は、主流路21において熱交換部21Eに流入する前の流体の温度を目標温度設定部302Aが設定する目標温度にするための熱負荷（入熱量）を演算する。詳しくは、熱負荷演算部305は、目標温度、第2温度センサ27から取得する温度情報、及び流量取得部304から取得する流体の流量情報に基づいて熱負荷を演算する。

[0043] 熱負荷は、例えば、目標温度と第2温度センサ27で特定される温度との差に対して、流体の流量、流体の密度、及び比熱を掛けることで求めることができる。熱負荷演算部305は、一例として上記の演算に基づいて、熱負荷を導いてもよい。熱負荷演算部305は演算した熱負荷を圧縮機制御部307へ提供する。

[0044] 移行判定部306は、目標温度設定部302Aからの目標温度の情報と、第1温度センサ26からの熱交換部21Eの下流側を通流する流体の温度情報と、目標流量設定部302Bからの目標流量の情報と、流量センサ28からの三方弁25Vの下流側の部分を通流する流体の流量、言い換えると温度制御対象Tへ供給される流体の流量情報と、を取得する。そして、移行判定部306は、これら目標温度の情報と熱交換部21Eの下流側を通流する流体の温度情報とに基づき、熱交換部21Eの下流側を通流する流体の温度を目標温度に制御するための制御モードを決定する。本実施の形態における移行判定部306は、温度制御に関する複数の制御モードのなかから、目標温度設定部302Aからの目標温度の情報と第1温度センサ26からの温度情

報とに基づき所望の制御モードを選択できる。制御モードは特に限られないが、フィードバック制御、フィードフォワード制御とフィードバック制御とを組み込んだ制御等でもよい。

[0045] また、移行判定部306は、目標流量設定部302Bからの目標流量の情報と、流量センサ28からの流量情報とに基づき、流体通流装置20を通流する流体の流量を目標流量度に制御するための制御モードを決定する。本実施の形態における移行判定部306は、制御モードとして、定常制御又はマニュアル制御を決定し、決定した制御モードの情報をポンプ制御部310に供給する。

[0046] 詳しくは、移行判定部306は、最初の運転の際に、まず流量制御に関する制御モードとしての定常制御で制御を行うことを決定する。すなわち、移行判定部306は、停止状態の温度制御システム1において目標温度及び目標流量が設定された後、運転開始が指示された場合には、定常制御で制御を行うことを決定する。その後、移行判定部306は、目標流量が変更された場合に定常制御を維持するか又はマニュアル制御に移行するかを決定する。マニュアル制御は、流量制御の応答性を向上させるために行われる処理である。詳しくは、移行判定部306は、変更された目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量との差が流量閾値以上である場合に、マニュアル制御を行う。上記流量閾値は比較的大きい値であることが好ましく、例えば 1.0 L/min でもよい。流量閾値は、 0.5 L/min 以上でもよい。本実施の形態では、目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量との差が流量閾値と比較される。この場合、変更時の流体の流量は、例えば変更時又は変更直後に流量センサ28で検出された流体の流量でもよい。

[0047] 上記定常制御では、目標流量設定部302Bからの目標流量の情報と流量センサ28からの流量情報とを用いることにより、目標流量と流量センサ28からの流量情報から特定される現在の流量との差に基づくフィードバック制御によりポンプ22の回転数が制御される。この際、ポンプ22の回転数

は、現在の流量が目標流量に一致するように増減される。一方で、上記マニュアル制御では、まず、目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量及びポンプ２２の回転数又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量及びポンプ２２の回転数とに基づいて変更後回転数が導かれ、次いで、ポンプ２２の回転数が上記変更後回転数に向けて変更される。マニュアル制御の詳細については後述する。

[0048] また、移行判定部３０６は、変更された目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量との差が流量閾値未満である場合には、定常制御を維持する。また、移行判定部３０６は、マニュアル制御へ移行した後において所定条件が充足された場合に、定常制御への移行を決定する。具体的には、移行判定部３０６は、マニュアル制御においてポンプ２２の回転数を変更した後、目標流量と、流量センサ２８で検出される流体の流量との差の絶対値が判定閾値以下になった際に、定常制御への移行を決定する。判定閾値は、例えば、目標流量への変更時に流量センサ２８で検出された流体の流量と目標流量との差の絶対値の $1/20$ 以上 $5/20$ でもよい。本件発明者は、ポンプ２２の回転数が変更後回転数に一致したか否かではなく、流体の流量の状態に基づいて制御を切り替えることで、流量制御の応答性が向上し得ることを知見し当該構成を採用している。

[0049] なお、マニュアル制御を行う場合、目標流量の変更が行われたタイミングから１秒以内にポンプ２２の回転数が変更されることが望ましい。ここでポンプ２２の回転数が変更されるタイミングとは、厳密には、制御信号をポンプ２２に入力するタイミングであることは言うまでもない。

[0050] 圧縮機制御部３０７は、移行判定部３０６が決定する温度制御に関する制御モードの情報を取得する。そして、圧縮機制御部３０７は、取得した制御モードに基づいて圧縮機１１の回転数を制御する。

[0051] 膨張弁制御部３０８も、圧縮機制御部３０７と同様に、移行判定部３０６が決定する温度制御に関する制御モードの情報を取得する。そして、膨張弁

制御部 308 は、取得した制御モードに基づいて膨張弁 13 の開度を制御する。

[0052] また、弁機構制御部 309 は、移行判定部 306 が決定する温度制御に関する制御モードの情報と、流量制御に関する制御モードの情報とを取得する。そして、弁機構制御部 309 は、取得した制御モードに基づいて弁機構 25 を制御する。本実施の形態では、弁機構制御部 309 は、基本的にバイパス流路 24 を閉じ、主流路 21 においてのみ流体が通流する状態を形成する。なお、弁機構制御部 309 は、主流路 21 及びバイパス流路 24 の両方を流体が通流する状態を形成してもよい。この場合、弁機構制御部 309 は、主流路 21 において熱交換部 21E を通流する流体の流量とバイパス流路 24 を通流する流体の流量との割合を一定値に保持する。

[0053] また、ポンプ制御部 310 は、移行判定部 306 からの流量制御に関する制御モードの情報と、インタフェース部 301 からの目標流量の情報と、流量センサ 28 からの流量情報と、を取得する。そして、ポンプ制御部 310 は、移行判定部 306 から取得した流量制御に関する制御モードが定常制御である場合には、目標流量と流量センサ 28 からの流量情報から特定される現在の流量との差に基づくフィードバック制御によりポンプ 22 の回転数を制御する。ポンプ 22 の回転数は、現在の流量が目標流量に一致するように増減される。上記定常制御で行われるフィードバック制御は、PID 制御であるが、P 制御、PI 制御、又は PD 制御でもよい。

[0054] 一方で、ポンプ制御部 310 は、移行判定部 306 から取得した流量制御に関する制御モードがマニュアル制御である場合には、上述したように、目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量及びポンプ 22 の回転数又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量及びポンプ 22 の回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、ポンプ 22 の回転数を上記変更後回転数に向けて変更する。

[0055] 具体的には、本実施の形態におけるポンプ制御部 310 は、目標流量の変更前の所定期間における流体の流量を、 Q_1 とし、目標流量の変更前の所定

期間におけるポンプ 22 の回転数を $N1$ とし、目標流量を、 $Q2$ とし、変更後回転数を、 $N2$ とし、以下の式 (1) に基づいて、変更後回転数 ($N2$) を導く。

$$N2 = Q2 \times (N1 / Q1) \cdots (1)$$

[0056] 本実施の形態では、上記目標流量の変更前の所定期間における流体の流量 $Q1$ が、所定期間における複数点での流体の流量の移動平均値である。また、上記目標流量の変更前の所定期間におけるポンプの回転数を $N1$ は、所定期間における複数点でのポンプ 22 の回転数の移動平均値である。制御装置 30 は、ポンプ制御部 310 において上記流体の流量の移動平均値としての $Q1$ 及びポンプ 22 の回転数の移動平均値としての $N1$ を所定間隔で演算し、更新するようになっている。そして、ポンプ制御部 310 は、マニュアル制御の実行が決定された場合に、流体の流量の移動平均値としての $Q1$ 及びポンプ 22 の回転数の移動平均値としての $N1$ と、目標流量 $Q2$ とを用いて、変更後回転数 $N2$ を導く。

[0057] より詳しくは、制御装置 30 は、ポンプ制御部 310 において流体の流量の移動平均値としての $Q1$ をポンプ 22 の回転数の移動平均値としての $N1$ で割った回転数演算係数 α を所定間隔で演算し、更新するようになっている。そして、ポンプ制御部 310 は、マニュアル制御の実行が決定された場合に、上記式 (1) における ($N1 / Q1$) に、最新の回転数演算係数 α を代入して、変更後回転数 ($N2$) を導く。上記所定間隔は特に限られるものではないが、例えば 1.5 秒でもよい。上記所定間隔は、1 秒以上 10 秒以下でもよく、1 秒以上 5 秒以下でもよい。上記所定間隔は、移動平均値を算出する所定期間と一致する。所定期間における移動平均値のサンプル数は特に限られるものではないが、例えば 5 点以上 15 点以下でもよい。

[0058] 本実施の形態では、ポンプ制御部 310 が、流体の流量の移動平均値を流量センサ 28 からの流量情報に基づいて演算する。また、本実施の形態におけるポンプ制御部 310 は、ポンプ 22 の回転数の移動平均値を算出する際に、ポンプ 22 の回転数をポンプ 22 に電力を供給するインバータへの入力

電圧の周波数から算出するようになっている。ポンプ２２の回転数（RPM）は、 $(120 \times (\text{入力電圧の周波数})) / \text{モータ極数}$ で特定される。なお、ポンプ制御部３１０は、ポンプ２２の回転数をエンコーダ等の回転検出器から直接的に取得し、これを用いて移動平均値を算出してもよい。

[0059] 以上のようにしてポンプ制御部３１０は、変更後回転数を導き、ポンプ２２の回転数を上記変更後回転数に向けて変更する。ここで、ポンプ２２の回転数を上記変更後回転数に向けて変更するとは、ポンプ２２の目標回転数を上記変更後回転数に設定して、現在のポンプ２２の回転数を上記変更後回転数に近づけることである。

[0060] なお、本実施の形態では、上記式（１）の「 $N2 = Q2 \times (N1 / Q1)$ 」における $Q1$ として、目標流量の変更前の所定期間における複数点での流体の流量の移動平均値が用いられ、 $N1$ として、目標流量の変更前の所定期間における複数点でのポンプ２２の回転数の移動平均値が用いられる。ただし、 $Q1$ は、目標流量の変更時の流体の流量でもよく、 $N1$ は、目標流量の変更時のポンプ２２の回転数でもよい。また、 $Q1$ は、目標流量の変更前の所定期間における或る１つの点での流体の流量でもよいし、 $N1$ は、目標流量の変更前の所定期間における或る１つの点でのポンプ２２の回転数でもよい。

[0061] <温度制御システムの動作>

図３は、温度制御システム１の動作の一例を説明するフローチャートである。以下、図３を参照しつつ温度制御システム１の動作の一例を説明する。以下では、温度制御システム１で行われる流量制御時の動作の一例を説明する。

[0062] 図５に示す動作は運転開始指令の発生によって開始される。制御装置３０は、運転開始指令が発生した際、まず、ステップＳ３０１において流体通流装置２０で通流させる流体の目標流量を設定する。詳しくは、流体の目標流量を、制御装置３０における目標流量設定部３０２Ｂが設定して保持する。ここで、目標流量設定部３０２Ｂは、インタフェース部３０１から目標流量

の情報を取得する。この際には、図示しないがインタフェース部 301 から目標温度設定部 302A に流体の目標温度の情報も送られる。

[0063] 次いで、ステップ S302 において、制御装置 30 は、移行判定部 306 により制御モードを決定する。ここでは、最初の運転であることに基いて、移行判定部 306 がまず流量制御に関する制御モードとしての定常制御で制御を行うことを決定する。この定常制御への移行により、ポンプ 22 に対するフィードバック制御が開始する。また、移行判定部 306 は、この際に温度制御に関する制御モードも決定し、圧縮機制御部 307、膨張弁制御部 308、及び弁機構制御部 309 に決定した制御モードの情報を供給する。そして、圧縮機制御部 307 は、流体の温度を目標温度へ制御するために圧縮機 11 の回転数の制御を開始し、膨張弁制御部 308 は、流体の温度を目標温度へ制御するために膨張弁 13 の開度の制御を開始する。また、この際、弁機構制御部 309 は、弁機構 25 によってバイパス流路 24 を次第に閉じ、主流路 21 においてのみ流体が通流する状態を形成する。

[0064] 次いで、ステップ S303 において、制御装置 30 は、流量取得部 304 により流量センサ 28 が検出する流体の流量の情報を取得する。すなわち、制御装置 30 は、主流路 21 における熱交換部 21E の下流側を通流する流体であって、三方弁 25V を流出した流体の流量の情報を取得する。なお、ステップ S303 は、検出工程（ステップ）の一例に対応する。

[0065] 次いで、ステップ S304 においては、制御装置 30 は、流量センサ 28 が検出する流体の流量の情報に基づいて、主流路 21 における熱交換部 21E の下流側を通流する流体の流量が目標流量に一致するように、ポンプ 22 の回転数をフィードバック制御する。

[0066] 次いで、制御装置 30 は、ステップ S305 で目標流量の変更が生じたかを判定する。そして、目標流量の変更が生じていない場合、制御装置 30 は、ステップ S306 で運転停止指示が生じたかを判定する。そして、運転停止指示が生じていない場合、制御装置 30 は、ステップ S307 で現在の制御モードが定常制御であるかを判定する。そして、ステップ S307 で定常制

御と判定された場合、処理がステップS 3 0 3に戻り、ポンプ2 2の回転数に対するフィードバック制御が繰り返される。

[0067] なお、ステップS 3 0 7で定常制御と判定されない場合とは、制御モードがマニュアル制御であることを意味する。後述するが、マニュアル制御の処理では、処理途中でステップS 3 0 5における目標流量の変更のチェック及びステップS 3 0 6における運転停止指示の発生のチェックが行われる。マニュアル制御中において目標流量の変更がなされず（ステップS 3 0 6でNO）、運転停止指示も発生しない場合には（ステップS 3 0 7でNO）、ステップS 3 0 7で定常制御ではないことを判定された後、図3における「C」を介して、後述する図4におけるマニュアル制御での特定の監視処理に処理が戻る。

[0068] そして、ステップS 3 0 5で目標流量の変更が生じたことが判定された場合、制御装置3 0は、ステップS 3 0 8で現在の制御モードが定常制御であるかを判定する。そして、ステップS 3 0 8で定常制御と判定された場合、制御装置3 0は、ステップS 3 0 9で、変更された目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量との差が流量閾値以上であるかを判定する。ステップS 3 0 9で、変更された目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量との差が流量閾値以上であると判定された場合、制御装置3 0は、ステップS 3 1 0においてマニュアル制御により流量制御を行うことを決定する。一方で、ステップS 3 0 9で、変更された目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量との差が流量閾値以上であると判定されない場合、処理がステップS 3 0 3に戻り、ポンプ2 2は定常制御によるフィードバック制御で制御される。

[0069] また、ステップS 3 0 8で定常制御と判定されない場合とは、上述のステップS 3 0 7と同様に、制御モードがマニュアル制御であることを意味する。マニュアル制御の処理途中でステップS 3 0 5における目標流量の変更のチェックが行われ、目標流量の変更が生じた場合には、処理がステップS 3 0 8に進む。ただし、ステップS 3 0 8で定常制御ではないと判定され、新たなマニュアル制御への移行の決定（ステップS 3 1 0）はなされない。ス

ステップS 3 0 8で定常制御ではないと判定された場合には、ステップS 3 0 7で定常制御ではないことを判定された場合と同様に、図3における「C」を介して、後述する図4におけるマニュアル制御での特定の監視処理に処理が戻る。これは、つまり、重複したマニュアル制御が行われないことを意味する。なお、ステップS 3 0 6で運転停止指示が生じたと判定された場合には、温度制御システム1の運転が停止される（E N D）。

[0070] 次に、図4はマニュアル制御を説明するフローチャートである。以下、図4を参照しつつマニュアル制御に移行した場合の動作について説明する。

[0071] 制御装置30は、まずステップS 4 0 1において、上記式(1)：「 $N2 = Q2 \times (N1 / Q1)$ 」に基づいて、変更後回転数(N2)を決定する。具体的には、ポンプ制御部310が、上記式(1)における(N1/Q1)に、上述した最新の回転数演算係数 α を代入して、変更後回転数(N2)を導く。回転数演算係数 α は、流体の流量の移動平均値としてのQ1をポンプ22の回転数の移動平均値としてのN1で割った値である。

[0072] そして、制御装置30は、ステップS 4 0 2でポンプ制御部310によりポンプ22の回転数を、変更後回転数N2に向けて変更する。

[0073] その後、制御装置30は、ステップS 4 0 3で移行判定部306により定常制御へ移行するか否かを判定する。具体的には、移行判定部306は、ステップS 4 0 3において、目標流量と、流量センサ28で検出される流体の流量との差の絶対値が判定閾値以下になった際に、定常制御への移行を決定する。ステップS 4 0 3で、目標流量と、流量センサ28で検出される流体の流量との差の絶対値が判定閾値以下と判定されない場合には、ステップS 4 0 4でタイムアウトしたか否かが判定される。タイムアウトしたか否かは、ステップS 4 0 2の処理から予め定められた時間が経過したか否かで判定される。本実施の形態ではステップS 4 0 4でタイムアウトが判定された場合にも、移行判定部306が定常制御への移行を決定する。

[0074] そして、ステップS 4 0 5で定常制御への移行が決定されると、制御装置30の処理は、図4における「A」を経由して図3におけるステップS 3 0

3に移行する。この場合、ポンプ22の回転数はフィードバック制御により制御される。一方で、ステップS403で、目標流量と、流量センサ28で検出される流体の流量との差の絶対値が判定閾値以下と判定されず且つステップS404でタイムアウトが判定されない場合には、制御装置30の処理は、図4における「B」を経由して図3におけるステップS305に移行する。この場合、マニュアル制御の処理途中での、目標流量の変更のチェック（ステップS305）及び運転停止指示の発生のチェック（ステップS306）が行われる。

[0075] そして、マニュアル制御中において目標流量の変更がなされず（ステップS306でNO）、運転停止指示も発生しない場合には（ステップS307でNO）、ステップS307で定常制御ではないことを判定された後、図3における「C」を介して、図4におけるマニュアル制御での特定の監視処理（ステップS403からの処理）に処理が戻る。また、マニュアル制御の処理途中でステップS305における目標流量の変更のチェックが行われ、目標流量の変更が生じた場合には、処理がステップS308に進む。そして、ステップS308で定常制御ではないと判定され、図3における「C」を介して、図4におけるマニュアル制御での特定の監視処理に処理が戻る。

[0076] 図5は、温度制御システム1における構成機器の動作及び流量制御の様子を説明するグラフを示す図である。図5は、流量制御において、上述した定常制御→マニュアル制御→常制御に移行する際の流体の流量及びポンプ22の回転数の変化を示す。各グラフでは、横軸が時間軸になっている。図5（A）は、時間の経過とともに変化する流体通流装置20が通流させる流体の流量の様子を示す。図5（B）は、時間の経過（制御モード）とともに変化するポンプ22の回転数の様子を示す。

[0077] 図7（A）に示す「旧目標流量」は、運転開始時に設定された流体通流装置20が通流させる流体の目標流量を意味する。図5におけるSt1は、定常制御の状態を示す。このとき、ポンプ22の回転数はフィードバック制御により制御される。

- [0078] そして、図5における「新目標流量」は、変更後の目標流量を示す。図中符号E vで示す時点で新目標流量への変更が行われ、これに伴い、マニュアル制御S t 2が行われる。マニュアル制御S t 2では、ポンプ2 2の回転数を変更後回転数Q 2に向けて下げられる。
- [0079] その後、目標流量と、流量センサ2 8で検出される流体の流量との差の絶対値が判定閾値以下になった際に、定常制御S t 1に状態が移行する。本件発明者は、以上のように目標流量が大きく引き上げられた際にマニュアル制御を行うことで、到達時間T rを大幅に短縮化できたことを確認している。
- [0080] 以上に説明した本実施の形態に係る流体通流システムとしての温度制御システム1は、ポンプ2 2を含み、ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置2 0と、流体通流装置2 0を制御する制御装置3 0と、を備える。そして、制御装置3 0は、流体に対する目標流量が変更された際、目標流量と、目標流量の変更時の流体の流量及びポンプ2 2の回転数又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量及びポンプ2 2の回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、ポンプ2 2の回転数を変更後回転数に向けて変更する。
- [0081] この温度制御システム1では、流体の目標流量の変更時又は変更前の実際の流体の流量とポンプ2 2の回転数とに基づいて、目標流量に対応する変更後回転数が導かれる。これにより、変更後回転数は、目標流量への制御に関して信頼性の高い目標値となる。そして、変更後回転数が導かれた後、ポンプ2 2の回転数は変更後回転数に向けて変更される。この場合、流量制御の応答性を、フィードバック制御の場合よりも向上させ得る。すなわち、フィードバック制御では、目標流量までのポンプの制御操作量が、目標流量と現在の流量との差に基づく複数の演算によって段階的に導かれる。そして、流体の流量は次第に目標流量に近づくような挙動になるため、応答性が必ずしも良好ではないことがある。これに対して、この温度制御システム1では、目標値としての変更後回転数が設定された際、ポンプ2 2の制御操作量が単一の目標値に向けて一次関数的に又はステップ入力的に変更される。そのた

め、目標流量に適合するポンプ 22 への制御の応答性が向上し得る。したがって、流量の切り替え時の応答性を安定的に向上させることができる。

[0082] また、本実施の形態では、目標流量の変更時の流体の流量又は目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量を、 Q_1 とし、目標流量の変更時のポンプ 22 の回転数又は目標流量の変更前の所定期間におけるポンプ 22 の回転数を、 N_1 とし、目標流量を、 Q_2 とし、変更後回転数を、 N_2 とし、制御装置 30 は、以下の式 (1) に基づいて、変更後回転数である N_2 を導く。

$$N_2 = Q_2 \times (N_1 / Q_1) \cdots (1)$$

この構成では、流量とポンプ回転数との比例関係を利用するシンプルな関係式により目標値となる変更後回転数を導くため、演算負荷を抑えることができる。その結果、流量制御の応答性を向上させることができる。

[0083] また、本実施の形態では、上記 Q_1 として、目標流量の変更前の所定期間における複数点での流体の流量の移動平均値が用いられ、上記 N_1 として、目標流量の変更前の所定期間における複数点でのポンプ 22 の回転数の移動平均値が用いられる。この構成では、検出される流体の流量及びポンプ 22 の回転数のノイズ成分の影響を抑えることができる。そのため、目標値としての変更後回転数を適正に導くことができ、流量制御の応答性を向上させることができる。

[0084] また、制御装置 30 は、所定期間における流体の流量の移動平均値及びポンプ 22 の回転数の移動平均値を所定間隔で演算し、更新するようになっている。この構成では、目標値である変更後回転数を導くために必要なパラメータ（流量及び回転数）を即座に引き出すことができる。

[0085] より詳しくは、制御装置 30 は、流体の流量の移動平均値をポンプ 22 の回転数の移動平均値で割った回転数演算係数 α を所定間隔で演算し、更新する。この構成では、変更後回転数の演算速度も高めることができ、且つ目標値である変更後回転数を導くために必要なパラメータ（流量及び回転数）の情報量を抑えることができる。

- [0086] また、制御装置 30 は、変更後回転数へのポンプ 22 の回転数の変更を行った後、定常制御に移行し、制御装置 30 は、定常制御において、流量センサ 28 で検出される流体の流量と目標流量との差に基づくフィードバック制御によりポンプ 22 の回転数を調節する。この構成では、応答性を重視したマニュアル制御の後にフィードバック制御を伴う定常制御を行うことで、目標流量への良好な応答性と良好な制御精度を確保できる。
- [0087] また、制御装置 30 は、流体に対する目標流量が変更された際、目標流量と、目標流量変更時の流体の流量又は目標流量の変更前の所定期間における流体の流量との差が流量閾値以上である場合に、変更後回転数へのポンプ 22 の回転数の制御を行う、すなわちマニュアル制御を行う。現在の流体の流量から目標流量までの変化量が比較的小さい場合には、マニュアル制御が必ずしも応答性の観点で有効でない場合も起こり得る。このような観点からマニュアル制御を行うか否かを流量閾値を用いて判定することで、本構成によれば、目標流量の大幅な引き上げの際だけでなく、システム全体として良好な流量制御の応答性が確保され得る。
- [0088] 以上、本発明の実施の形態及び変形例を説明したが、本発明は以上に説明した実施の形態に限られるものではなく、上述の実施の形態及び変形例にはさらなる種々の変更を加えることができる。
- [0089] 図 6 は、変形例に係る温度制御システムの動作を説明するフローチャートである。上述の実施の形態では、目標流量に応じてマニュアル制御に移行するか否かが決定される。これに対して、図 6 に示す変形例の動作では、主流路 21 における熱交換部 21E に流入する前の流体の温度の変化に応じて、マニュアル制御に移行するか否かが決定される。具体的には、第 2 温度センサ 27 で検出される流体の温度の変化の大きさに応じて、マニュアル制御に移行するか否かが決定される。
- [0090] 図 6 に示す動作におけるステップ S301～S304 の処理は図 3 と同じ処理である。そして、この変形例では、ステップ S304 でフィードバック制御が行われた後のステップ S305R において、制御装置 30 が、熱交換

部 2 1 E に流入する前の流体の温度（温度調節前流体温度）が変化したかを判定する。ステップ S 3 0 5 R における判定は、異なる検出タイミングで第 2 温度センサ 2 7 が検出する流体の温度を比較することにより行われる。より具体的には例えば、ステップ S 3 0 5 R の処理時に第 2 温度センサ 2 7 が検出する流体の温度が、当該処理時よりも前に第 2 温度センサ 2 7 が検出した流体の温度と比較されてもよい。上記処理時よりも前に第 2 温度センサ 2 7 が検出した流体の温度は、移動平均値でもよい。上記処理時に第 2 温度センサ 2 7 が検出した流体の温度は、移動平均値でもよい。そして、ステップ S 3 0 5 R で流体の温度の変化が検出されない場合には、ステップ S 3 0 6 に処理が移行し、定常制御中であればフィードバック制御が繰り返される。

[0091] 一方で、ステップ S 3 0 5 R で流体の温度の変化が検出された場合には、ステップ S 3 0 8 において、定常制御であるかの判定が行われ、定常制御である場合、ステップ S 3 0 9 R で、制御装置 3 0 が変化前後の流体の温度の差の絶対値が閾値以上か判定する。温度の差は、ステップ S 3 0 5 R で比較された流体の温度から求められる。そして、ステップ S 3 0 9 R で変化前後の流体の温度の差の絶対値が閾値以上であると判定された場合、マニュアル制御への移行が決定される（ステップ S 3 1 0）。

[0092] 図 7 を参照し、この変形例でのマニュアル制御では、制御装置 3 0 が、ステップ S 4 0 1 R で、熱負荷（熱負荷演算部 3 0 5 が演算）と、変化後の流体の温度と、に基づき、ポンプ回転数の目標値となる変更後回転数を決定する。

詳しくは、熱交換部 2 1 E に流入する前の流体の温度 t_1 を、現在設定されている目標温度 t_2 にする場合の熱負荷は、例えば、流体の流量と、流体の密度と、流体の比熱と、制御前の温度差（ $t_1 - t_2$ の絶対値）と、所定係数などを掛け合わせることで計算される。ここで、熱交換部 2 1 E に流入する前の流体の温度 t_1 を、現在設定されている目標温度 t_2 に制御するための熱負荷に相当する流体の流量は、上記のようにして演算される熱負荷を、流体の密度と、流体の比熱と、制御前の温度差（ $t_1 - t_2$ の絶対値）と

、所定係数とを掛け合わせた値で割れば導くことができる。そして、導いた流量に対応するポンプ回転数を、変更後回転数に設定すれば、流体の温度変化の原因となった温度制御対象 T の熱変化が相殺され、温度制御対象 T が適正に温度制御され得る。

詳しくは、制御装置 30 は、変化後の流体の温度を目標温度に制御するための熱負荷と、変化後の流体の温度と、目標温度と、に基づき、変更後回転数を決定し、温度制御対象 T が適正に温度される状態が早期に復帰されるように動作する。より具体的には、制御装置 30 は、導いた流量を $Q2$ とし、現在の流量を $Q1$ とし、現在のポンプ 22 の回転数を $N1$ とし、「 $N2 = Q2 \times (N1 / Q1) \cdots (1)$ 」を用いて、変更後回転数 $N2$ を導いてもよい。なお、このときの流量 $Q1$ および現在のポンプ 22 の回転数 $N1$ は、上述の実施の形態と同様に移動平均値でもよい。すなわち、制御装置 30 は、変化後の流体の温度を目標温度に制御するための熱負荷と、変化後の流体の温度と、目標温度と、変化前の流体の流量及びポンプ 22 の回転数又は流体の温度の変更前の所定期間における流体の流量及びポンプ 22 の回転数と、に基づき、変更後回転数を決定してもよい。

[0093] 本変形例では、例えば以上のような演算によって、変更後回転数がステップ 401R で導かれ、その後は、図 4 で説明したステップ S402～S405 と同様の処理が行われる。このような変形例では、第 2 温度センサ 27 で検出される流体の温度が変化した場合に、マニュアル制御により早期に温度制御対象 T を所望の温度を維持させるための処理が行われる。なお、図 6 のステップ S309R においては、熱負荷が所定値以上の場合にマニュアル制御への移行が決定されてもよい。

[0094] また、図 8 は、一実施の形態又は変形例に係る温度制御システムの適用例を説明する図である。図 8 では、温度制御システム 1 が温度制御対象 T としてのエッチング装置に接続されている。図 8 のエッチング装置は、静電チャック 71 を備える。温度制御システム 1 からの温度制御された流体は静電チャック 71 を通過して温度制御システム 1 に戻る。静電チャック 71 にはウ

エハ 7 2 が保持されている。静電チャック 7 1 は、エッチング装置内部の流路を介して温度制御システム 1 における主流路 2 1 の流入口 2 1 U 及び流出口 2 1 D と接続している。エッチング装置は、静電チャック 7 1 から流出する流体の温度を装置内部で検出する内部温度センサ 7 3 をさらに備えている。この例における温度制御対象 T は、厳密には、エッチング装置 7 における静電チャック 7 1 又はウェハ 7 1 である。

[0095] なお、図 6 及び図 7 を用いて説明した動作は、内部温度センサ 7 3 で検出される流体の温度変化に基づいて行われてもよい。すなわち、内部温度センサ 7 3 で検出される流体の温度に応じて、マニュアル制御を行うか否かが決定されてもよい。詳しくは、外部装置であるエッチング装置 7 において静電チャック 7 1 と熱交換した後のエッチング装置 7 内の流体であって、内部温度センサ 7 3 によって検出される熱交換部 2 1 E に流入する前の流体の温度に応じて、マニュアル制御を行うか否かが決定されてもよい。なお、内部温度センサ 7 3 は、静電チャック 7 1 の内部や外面の温度を検出するようになっていてもよい。また、図 8 の例では、温度制御システム 1 が、温度制御対象 T としての外部装置であるエッチング装置 7 を一体に備えるが、温度制御システム 1 は、他の外部装置と一体化されてもよい。例えば、温度制御システム 1 は、レジスト処理装置等の他の半導体製造装置、半導体テスター等の検査装置、半導体分野以外の金型を含む成形装置等と一体化されてもよい。このような他の構成においても、外部装置における内部温度センサ 7 3 に対応する要素によって検出される温度に基づいて、マニュアル制御を行うか否かが決定されてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置と、
- 前記流体通流装置を制御する制御装置と、を備え、
- 前記制御装置は、前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する、流体通流システム。
- [請求項2] 前記目標流量の変更時の前記流体の流量又は前記目標流量の変更前の前記所定期間における前記流体の流量を、 $Q1$ とし、
- 前記目標流量の変更時の前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の前記所定期間における前記ポンプの回転数を、 $N1$ とし、
- 前記目標流量を、 $Q2$ とし、
- 前記変更後回転数を、 $N2$ とし、
- 前記制御装置は、以下の式(1)に基づいて、前記変更後回転数である $N2$ を導く、請求項1に記載の流体通流システム。
- $$N2 = Q2 \times (N1 / Q1) \cdots (1)$$
- [請求項3] 前記目標流量の変更前の前記所定期間における前記流体の流量は、複数点での前記流体の流量の移動平均値であり、
- 前記目標流量の変更前の前記所定期間における前記ポンプの回転数は、複数点での前記ポンプの回転数の移動平均値である、請求項1又は2に記載の流体通流システム。
- [請求項4] 前記制御装置は、前記流体の流量の移動平均値及び前記ポンプの回転数の移動平均値を所定間隔で演算し、更新する、請求項3に記載の流体通流システム。
- [請求項5] 前記制御装置は、前記流体の流量の移動平均値を前記ポンプの回転

数の移動平均値で割った回転数演算係数を前記所定間隔で演算し、更新する、請求項4に記載の流体通流システム。

[請求項6] 前記制御装置は、前記変更後回転数への前記ポンプの回転数の変更を行った後、定常制御に移行し、

前記制御装置は、前記定常制御において、流量センサで検出される前記流体の流量と前記目標流量との差に基づくフィードバック制御により前記ポンプの回転数を調節する、請求項5に記載の流体通流システム。

[請求項7] 前記フィードバック制御は、P制御、PI制御、PD制御、又はPID制御である、請求項6に記載の流体通流システム。

[請求項8] 前記制御装置は、前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量又は前記目標流量の変更前の前記所定期間における前記流体の流量との差が流量閾値以上である場合に、前記変更後回転数への前記ポンプの回転数の制御を行う、請求項1に記載の流体通流システム。

[請求項9] ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置と、

前記流体通流装置を制御する制御装置と、を備え、

前記制御装置は、前記流体の温度が変化した際、前記流体の温度を目標温度にするための熱負荷と、変化後の前記流体の温度と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する、流体通流システム。

[請求項10] ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムにおける流量制御方法であって、

前記流体に対する目標流量が変更されたかを検出する工程と、

前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプ

の回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する工程と、を備える、流量制御方法。

[請求項11] ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムを制御する制御装置であって、

前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更する、制御装置。

[請求項12] ポンプを含み、前記ポンプの回転により流体を通流させる流体通流装置を備える流体通流システムを制御するためのコンピュータプログラムであって、

前記流体に対する目標流量が変更されたかを検出するステップと、
前記流体に対する目標流量が変更された際、前記目標流量と、前記目標流量の変更時の前記流体の流量及び前記ポンプの回転数又は前記目標流量の変更前の所定期間における前記流体の流量及び前記ポンプの回転数と、に基づいて変更後回転数を導き、前記ポンプの回転数を前記変更後回転数に向けて変更するステップと、をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。