

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3929699号
(P3929699)

(45) 発行日 平成19年6月13日(2007.6.13)

(24) 登録日 平成19年3月16日(2007.3.16)

(51) Int. Cl.

F 2 4 H 1/10 (2006.01)

F I

F 2 4 H 1/10 3 O 1 Z

請求項の数 11 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-529107 (P2000-529107)
 (86) (22) 出願日 平成11年1月22日(1999.1.22)
 (65) 公表番号 特表2002-502016 (P2002-502016A)
 (43) 公表日 平成14年1月22日(2002.1.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US1999/001430
 (87) 国際公開番号 W01999/038356
 (87) 国際公開日 平成11年7月29日(1999.7.29)
 審査請求日 平成16年6月28日(2004.6.28)
 (31) 優先権主張番号 60/072,321
 (32) 優先日 平成10年1月23日(1998.1.23)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 501438267
 トム リチャーズ インコーポレイテッド
 ディービーエイ プロセス テクノロジ
 ー
 アメリカ合衆国 オハイオ 44061
 メンター リンゼイ ドライヴ 7010
 (74) 代理人 100077827
 弁理士 鈴木 弘男
 (72) 発明者 ゼニオス・テオフアニ
 アメリカ合衆国 オハイオ 44509
 ヤングスタウン エヌ オズボーン 43
 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高効率超純度流体ヒータのための要求予測制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入口と出口を有するハウジングと、該ハウジングを通る少なくとも1つの流体通路と、
 該流体通路に近接し流体通路を流れる動作流体を加熱するための加熱要素とを備える流体
 ヒータ用制御システムにおいて、

前記入口における動作流体の温度を決定する入口温度センサと、

該流体通路を流れる動作流体の流量を決定するための流量センサと、

電力源と加熱要素との間に接続されたスイッチングデバイスと、

前記温度センサ、前記流量センサおよび前記スイッチングデバイスと通信するコントロ
 ーラとを備え、前記コントローラは、

前記入口温度センサと前記流量センサからの入力値に基づいて、予め設定された動作流
 体の設定点温度まで加熱するために必要な第1の電力値のレベルを演算して決定する第1
 の手段と、

前記加熱要素に印加されている実際の電力レベルを示す第2の電力値を決定するための
 第2の手段と、

前記第1の電力値と第2の電力値との間の差に基づいてスイッチングデバイスを制御す
 るための第3の手段と、を備えた流体ヒータの制御システム。

【請求項2】

前記加熱要素は抵抗線からなる加熱要素である請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

10

20

抵抗線からなる加熱要素に流れる電流レベルを決定する電流センサと、前記抵抗線からなる加熱要素の電圧降下を決定する電圧センサを備え、前記第2の手段は前記電流センサと前記電圧センサからの入力に基づいて第2の電力値を決定する請求項2に記載の制御システム。

【請求項4】

前記抵抗線からなる加熱要素の動作温度を決定する第2の温度センサと、
該第2の温度センサからの入力に基づいて前記加熱要素の抵抗線の抵抗値を決定する手段と、を備え、前記第2の手段は前記抵抗値に基づいて第2の電力値を決定する請求項2に記載の制御システム。

【請求項5】

出口における流体の温度を決定する出口温度センサと、
前記コントローラと関連して、前記入口における流体の温度と出口における流体の温度との間の変化率が、第1の設定した変化率より多いか第2の設定した変化率よりも少ないときは、前記第3の手段を無効にする第4の手段を更に備える請求項1に記載の制御システム。

【請求項6】

出口における流体の温度を決定する出口温度センサと、
前記コントローラと関連して、前記入口における流体の温度と出口における流体の温度との間の温度差が、第1の設定した温度差より多いか第2の設定した温度差よりも少ないときは、前記第3の手段を無効にする第4の手段を更に備える請求項1に記載の制御システム。

【請求項7】

入口と出口を有するハウジングと、該ハウジングを通る少なくとも1つの流体通路と、該流体通路に近接し流体通路を流れる動作流体を加熱するための加熱要素と電力源と加熱要素の間に接続されたスイッチングデバイスとを備える流体ヒータ用の制御方法において、

前記入口における動作流体の温度を測定する工程と、
該流体通路を流れる動作流体の流量を測定する工程と、
前記入口における動作流体の温度と該入り口を通して流れる動作流体の流量に基づいて第1の電力を計算する工程と、前記第1の電力値は動作流体の温度を第1の設定温度まで加熱するのに必要な電力のレベルを示すものであり、

前記加熱要素に印加されている実際の電力レベルを示す第2の電力値を測定する工程と、

前記第1の電力値と第2の電力値との間の差に基づいてスイッチングデバイスを制御する工程と
を有する流体ヒータの制御方法。

【請求項8】

前記第2の電力値を測定する工程は、
前記加熱要素を流れる電流レベルを測定する工程と、
前記加熱要素の電圧降下を測定する工程と、
前記加熱要素を流れる電流レベルと前記加熱要素の電圧降下に基づいて第2の電力レベルを決定する工程を有する請求項7に記載の方法。

【請求項9】

第2の電力値を測定する工程は、
前記加熱要素の動作温度を測定する工程と、
前記加熱要素の動作温度に基づいて前記加熱要素の抵抗値を測定する工程と、
前記加熱要素の抵抗値に基づいて第2の電力を決定する工程と、を有する請求項7に記載の方法。

【請求項10】

前記出口における動作流体の温度を測定する工程と、

10

20

30

40

50

前記入口における流体の温度と該出口における流体の温度との間の変化率が第1の設定した変化率よりも大きい、第2の設定した変化率よりも小さい場合にはスイッチングデバイスを制御する工程を無効とする工程とを有する請求項7に記載の方法。

【請求項11】

前記出口における動作流体の温度を測定する工程と、

前記入口における流体の温度と該出口における流体の温度との間の温度差が第1の設定した温度差よりも大きい、第2の設定した温度差よりも小さい場合にはスイッチングデバイスを制御する工程を無効とする工程とを有する請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

関連出願のクロスリファレンス

本出願は、1998年1月23日に提出された米国仮特許出願第60/072,321号の利益を請求する。

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的に流体ヒータに関し、より詳細には高効率超純度脱イオン（UPDI）水ヒータのための要求予測制御システムに関する。

【0003】

【従来の技術】

ウェハサイズが一層大きくなり、デバイス形状が一層小さくなり、回路密度が一層大きくなるにつれて、半導体の製造に使用される流体は非常に正確な温度制御が必要になってきた。加熱されたUPDI水は、半導体デバイスの製造で使用されるそのような流体の1つである。しかし、UPDI水は腐食性の液体である。よって、UPDI水を加熱するために使用される機器は、その機器内を流れるUPDI水の腐食効果に対する耐久性を有しなければならない。

20

【0004】

加えて、半導体デバイスの製造に使用される機器は製造プロセスにおいて汚染物を取り入れることなく特定のタスクを実行可能であることが重要である。UPDI水の腐食効果に耐え、製造プロセス中に汚染物を取り入れないそのような流体ヒータの1つが1998年1月13日に提出された「高効率超純度流体ヒータ」なる名称の米国特許出願（Attorney Docket No. LUF 2028）に記載され、特許請求されている。参照した米国特許出願は、本発明の譲受人になるべき同一の会社に譲渡され、その全体をここに参考文献として取り入れる。

30

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従来、流体ヒータは温度制御システムを利用して望ましい動作流体温度を維持している。普通に利用できる比例積分微分（Proportional Integral Derivative:PID）コントローラは、負荷（すなわち、ヒータを通る流体流）が安定状態である限り正確な流体温度を維持することができる。安定状態の流体流を実現するために、通常は高速流のバイパスを使用してUPDI水の安定状態流が加熱システムを通るようにしている。この制御スキームでは、UPDIは一定速度で流れ、一方がプロセスで使用されるか、または可能な再生のために投棄される。

40

【0006】

その代わりに、流体の要求が低い場合、流体ヒータは減量モード、すなわち低速流モード（水の純度を維持するために）で動作することができ、高速流が必要な場合、出力温度が安定するまで出力流はプロセスをバイパスする。純度レベルおよび処分コストに大きく依存する化学的コストの上昇により、これらの方法は産業においてもはや許容できなくなっている。特定のプロセス「レシピ」のための流速の変化および温度設定点の変化が例外ではなく標準になりつつある。

【0007】

50

したがって、より良好でより有益な結果を提供しつつ、上述の必要性を満足するとともに上記の問題を解決する新規かつ改善された流体ヒータの制御システムを開発することが望ましいと考えられてきた。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の要求予測制御(DAC)システムは広範囲の負荷に対して正確な温度制御を提供する。これは、負荷の出力温度に影響を与える変数を決定し、設定点温度を実現するために要求される電力レベルを決定し、必要な電力を流体ヒータに関連する加熱要素に印加することにより達成される。標準的なPIDベースのシステムにおいては、測定される変数は、負荷の温度と、温度変化率のみである。DACシステムは、(1)入口の流体温度、(2)出口の流体温度、(3)加熱された流体の流速、(4)ヒータシステムに印加される電力、(5)単位時間当りの流体温度変化率を決定する。

10

【0009】

動作時には、システムのユーザがキーボードまたは他のユーザインターフェースを介して所望の動作温度をコントローラへ入力する。負荷を設定点温度にするために必要とされる電力レベルは、複数のセンサにより測定された入力値に基づいて決定される。加熱要素に印加される電力はリアルタイムで継続的に調整される。

【0010】

流体ヒータの非効率性および測定値の本来的誤差は全て温度の不安定性につながる。これらの問題を克服するために、DACシステムはこれらの効果を最小化するように設計された。加熱要素に印加される電力が、電氣的に加熱されるシステムにおける誤差の単一の最大の原因である。これは、加熱要素の動作温度に対するヒータ抵抗の変化に起因する。DACシステムは加熱要素に印加される電力をリアルタイムで測定してこれらの誤差を除去する。電力は多くの方法で測定/決定することができる。1つの方法は、加熱要素の温度を測定し、それを使用されている種類の抵抗性要素の既知の曲線と比較し、その温度で印加される電力を計算する方法である。別の方法は、加熱要素に印加される電圧と電流の両方を測定し、それらから電力を計算する方法である。第2の方法は、制御される各ヒータについて温度/抵抗曲線を規定する必要なく、普遍的なヒータの適用を可能とする。熱損失も誤差につながる。DACシステムは、印加された電力に対する負荷の温度応答を評価し、それにしたがって電力をオフセットすることによりそれらの損失を補正する。

20

30

【0011】

全ての要求される変数を測定または計算し、必要な電力を計算することは、ヒータシステムの性能の範囲内のあらゆる負荷に対して正確な温度制御を維持するための迅速な補正を提供する。システムはこれらの変化にตอบสนองすることができるが、システムでの熱遅延は、小さな負荷から大きな負荷へ変化する時に温度の低下を生じさせ、逆に大きな負荷から小さな負荷へ変化する時に温度のオーバーシュートを生じさせる。この効果を減少させるために、DACシステムは、上昇または低下する流体温度の変化率が所定範囲を超えたときにより多くのまたはより少ない電力を加熱要素に印加する。加えて、DACシステムは、設定点からの流体温度差の関数として加熱要素への電力を増大または減少する。

【0012】

40

よって、本発明の1つの観点によれば、流体ヒータのための制御システムが提供される。流体ヒータは、入口と出口を有するハウジングと、ハウジングを通過する少なくとも1つの流体通路と、流体通路に近接し流体通路を流れる動作流体を加熱するための加熱素子とを備える。制御システムは、入口における流体の温度を決定する入口温度センサと、流体通路を流れる流体の流速を決定する流速センサと、電力源と加熱要素との間に接続される切換装置とを備える。コントローラは、温度センサ、流速センサ、および切換装置と通信する。コントローラは、入口温度センサおよび流速センサからの入力に基づいて第1の電力値を決定する第1のメカニズムを含み、第1の電力値は動作流体を設定点温度まで加熱するために必要とされる電力レベルを示す。第2のメカニズムは、加熱要素に印加されている実際の電力レベルを示す第2の電力値を決定し、第3のメカニズムは第1の電力値と

50

第2の電力値との差に基づいて切換装置を制御する。

【0013】

本発明の第2の観点によれば、流体ヒータの制御方法が記載される。流体ヒータは、入口および出口を有するハウジングと、ハウジングを通過する少なくとも1つの流体通路と、流体通路に近接し流体通路を流れる動作流体を加熱する加熱要素と、電力源と加熱要素との間に接続される切換装置とを備える。その方法は、(a)入口における動作流体の温度を測定する工程と、(b)流体通路を流れる動作流体の流速を測定する工程と、(c)入口における動作流体の温度と入口を通じて流れる動作流体の流速とに基づいて第1の電力値を決定する工程であって、第1の電力値は動作流体を第1の温度設定点まで加熱するのに必要な電力レベルを示す工程と、(d)加熱要素に印加されている実際の電力レベルを示す第2の電力値を測定する工程と、および、(e)第1の電力値と第2の電力値との間の差に基づいて切換装置を制御する工程とを有する。

10

【0014】

本発明の第3の観点によれば、流体加熱システムが記載される。その流体加熱システムは、入口および出口を有するハウジングと、ハウジングを通る少なくとも1つの流体通路と、流体通路を流れる動作流体を加熱するための流体通路の近傍に配置された加熱要素と、を有する流体ヒータを備える。また、その流体加熱システムは、加熱要素に印加されている電力レベルを示す実際の電力値を決定する第1のメカニズムと、ユーザが選択可能なプリセット流体温度と実質的に等しい出口流体温度を達成するために要求される電力レベルを示す必要電力値を決定する第2のメカニズムと、および実際の電力値と必要電力値の間のオフセットに基づいて加熱要素に印加される電力を調整する調整メカニズムとを有する。

20

【0015】

本発明の1つの長所は、ユーザが選択可能な設定点流体温度を達成するために要求される電力量に影響を与える因子を少なくとも実質的にリアルタイムで決定することにより、負荷(すなわち、流体の流れ)の変化に瞬時に応答するインラインヒータと共に使用する新規で改善された温度制御システムを提供することにある。

【0016】

本発明の別の長所は、加熱要素に印加されている実際の電力を決定し、実際の電力を設定点温度を達成するのに必要な理論的電力レベルと比較し、そして実際の電力を調整して設定点流体温度を達成する温度制御システムを提供することにある。

30

【0017】

本発明のさらに別の長所は、加熱要素の電圧降下、加熱要素を流れる電流レベル、加熱要素の動作温度、および/または加熱要素の動作抵抗などの動作パラメータに基づいて、加熱要素に印加される電力を調整する温度制御システムを提供することにある。

【0018】

本発明のさらに別の長所は、加熱要素に印加される電力を、流体温度変化率の関数として増減することにより熱的遅延を補正する温度制御を提供することにある。

【0019】

本発明のさらに別の長所は、加熱要素に印加される電力を、プログラム可能な設定点温度からの温度オフセットまたは温度差の関数として増減することにより熱的遅延を補正する温度制御を提供することにある。

40

【0020】

本発明のさらに他の長所は、以下の好適な実施形態の詳細な説明を読み、理解することにより当業者に明確となるであろう。

【0021】

【発明の実施の形態】

本発明は種々の構成要素および構成要素の配列および種々の工程および工程の配列の形態とすることができる。図面は本発明の好適な実施形態を示すのみの目的であり、本発明を限定するものと解釈すべきではない。

50

【0022】

いくつかの好適な実施形態を示すが本発明を限定するものとは解すべきでない図面を参照すると、図1は例示的なUPDI流体ヒータAの要求予測制御システム(DAC)10を示す。しかし、本発明の温度制御システムは他の種類の流体ヒータや加熱すべき他の種類の流体とともに使用することができることが当業者には理解される。

【0023】

DACシステム10は、マイクロプロセッサを基礎とした中央処理ユニット(CPU)と、RAM、ROM、I/Oなどの補助回路および/またはデバイス(図示せず)などの従来のハードウェアを含むコントローラ12を備える。ユーザはキーボードやキーパッドなどのインターフェース16を通じてコントローラと通信することができる。DACシステム10は流体ヒータAのための温度制御を提供する。流体ヒータAは、UPDI水の供給部22と、半導体デバイスの製造中に加熱したUPDIを使用するプロセス機器24との間に直列的に配置される。

10

【0024】

流体ヒータAは、UPDI水供給部22に接続された流体入口28とプロセス機器24に接続された流体出口30とを有するハウジング26とを備える。少なくとも1つの流体通路32が流体入口28と流体出口30の間をハウジング26を通して延びる。また、加熱エレメント34も、密閉または隔離されてはいるものの、流体通路32の近傍でハウジング26内を通して延びる。記述されている実施形態では、加熱要素34は、電力源38と接地電位40との間に切換可能に接続されたニクロム(NiCr)抵抗線などの抵抗線36を含む。抵抗線36は導電、対流、および/または放射により、流体通路32を通して流れる流体を加熱する。ニクロム線36の公称動作温度は、華氏約1700度(摂氏927度)の最大動作温度評価で華氏約1400~1450度(摂氏760~788度)である。加熱線36は、ヒータの設計および要求される出力電力に基づいて周囲温度から最大動作温度(例えば華氏1700度/摂氏927度)まで変化可能であることが理解されるべきである。

20

【0025】

第1の温度センサ42は、流体入口28の近傍に配置され、入力ライン44を通じてコントローラ12と接続される。温度センサ42は流体ヒータAへ流れ込む流体の温度を測定し、または決定する。結果として得られる入口温度値はコントローラが使用することができる。第2の温度センサ46は、流体出口30の近傍に配置され、入力ライン48を通じてコントローラ12と接続される。温度センサ46は、流体ヒータAから流出する流体の温度を測定し、または決定する。

30

【0026】

流速センサ50は、入力ライン52を通じてコントローラと接続され、流体通路32を流れる流体の速度を測定し、または決定する。抵抗線36を流れる電流レベルを決定するためのアンペアセンサ54または他の装置は、入力ライン56を通じてコントローラ12に接続される。抵抗線36にわたる電圧降下を決定するための電圧センサ58または他の装置は、入力ライン60を通じてコントローラに接続される。抵抗線36の抵抗値を決定するための抵抗センサ62または他の装置は、入力ライン64を通じてコントローラに接続される。

40

【0027】

切換装置66は抵抗線36に対する電力の印加を制御する。切換装置66の制御端子は出力制御ライン68を通じてコントローラ12に接続される。切換装置66は、抵抗線36に印加されている電力の時間ベースのデューティサイクル制御を提供するシリコン制御整流素子などの固体リレーとすることができる。しかし、他の時間ベース、電圧ベース。または電流ベースの装置を使用して、コントローラ12からの制御信号により抵抗線36に印加される電力を制御することができることも理解される。熱電対などの第3の温度センサ70は、抵抗線36の動作温度を測定または決定し、入力ライン72を通じてコントローラに接続される。

【0028】

50

要求予測制御システム 10 は、広範囲の負荷に対して正確な温度制御を提供する。ここで使用する用語「負荷」は流体ヒータ、特に流体通路 32 を通って流れる流体の速度を意味し、例えばガロン / 分 (GPM) である。動作時には、システムのユーザは入力装置 16 を使用して望ましい動作温度または設定点をコントローラ 12 に入力する。後に詳しく述べるが、設定点が入力されると、コントローラは、(1) 1 つ以上のセンサにより測定または決定された入力値を使用することにより、負荷を設定点温度へ持っていくために要求される電力を決定し、(2) 抵抗線 36 に実際に印加されている実際の電力を決定し、(3) 実際の電力を、設定点温度を達成するために必要な理論的電力レベルと比較し、(4) その後に抵抗線に印加される実際の電力をリアルタイムで継続的に調整して、流体ヒータの出口 30 で設定点流体温度を達成する。

10

【0029】

引き続き図 1 を参照し、特に図 2 を参照すると、キロワット (kW) で測定され、負荷を設定点温度まで持っていくために必要な電力は以下の式により決定される (ブロック 100) :

【0030】

$$(1) \quad kW_{needed} = \frac{(xGPM) \cdot (8.33\text{lbs/gallon}) \cdot (60\text{min/hr}) \cdot (SP - T_{inlet})}{3412\text{Btu/Hr/kW}}$$

【0031】

ここで、 kW_{needed} は負荷を設定点温度まで上げるために必要な電力であり、 x は毎秒のガロン数 (GPM) でセンサ 50 により決定される流速であり (ブロック 102)、 SP はコントローラ内にプログラムされた設定点温度であり (ブロック 104)、 T_{inlet} はセンサ 42 により決定された入口流体温度である (ブロック 106)。

20

【0032】

抵抗線 36 に供給されている実際の電力 (キロワット) は以下の式により決定される (ブロック 108) :

【0033】

$$(2) \quad kW_{used} = \frac{(I) \cdot (V)}{1000\text{W/kW}}$$

30

【0034】

ここで、 kW_{used} は抵抗線 36 に印加されている電力であり、 I は電流センサ 54 により決定される抵抗線 36 を流れる電流 (アンペア) であり、 V は電圧センサ 58 により決定される抵抗線 36 の電圧降下である。抵抗線に印加される実際の電力を計算する方法は普遍的なヒータへの適用を可能とし、以下にさらに説明するように、使用される各種類の抵抗について温度 / 抵抗曲線またはルックアップテーブルを規定する必要がない。

【0035】

特に、抵抗線 36 に印加される実際の電力を決定するための多少正確性が低く低コストの方法は (ブロック 112)、まず温度センサ 70 などにより抵抗線の温度を決定することである。測定された温度値は、使用される特定の種類の抵抗線についての既知の温度対抵抗曲線、ルックアップテーブル、またはその曲線を示す 4 次多項式と比較することができる。すなわち、抵抗線 36 の抵抗はその動作温度の関数である。抵抗値が決定されると、それは以下の式にしたがって設計値と比較することができる。

40

【0036】

$$(3) \quad kW_{used} = \frac{V^2}{R}$$

50

【 0 0 3 7 】

ここで、 kW_{used} は抵抗線 3 6 に印加されている電力であり、 V はユーザが入力したプログラム値からの電力出力の割合により決定される。そして電力出力はそれにしたがって調整される。

【 0 0 3 8 】

すなわち、ユーザは抵抗線 3 6 が定格温度で動作している時に抵抗線 3 6 の定格電力を示す値をコントローラ 1 2 へ入力することができる。周囲室温における抵抗線 3 6 の抵抗は、典型的に以下の式から計算される値より 5 ~ 1 0 % 低い。

【 0 0 3 9 】

$$(4) \quad R = \frac{V^2}{kW_{rated}}$$

10

【 0 0 4 0 】

例えば、5 0 kW、4 8 0 ボルトの抵抗線について、単相電力についての実際の抵抗値は約 4 . 6 0 8 オームである。しかし、NiCr線について「常温 (cold)」定数を使用すると、設計抵抗は 4 . 3 6 7 オームにすぎない。抵抗値が温度により変化しないならば、4 8 0 ボルトにおける電力は 5 2 . 7 6 kW となるであろう。印加電圧がコントローラ 1 2 により減少されると、抵抗線の温度は低下し、抵抗値は下がる。説明の簡単のため、必要な電力はヒータ容量の 1 / 4 であると仮定する。式 (4) のオームの法則に従うと、それは平方関数であるので、1 / 2 の電圧は 1 / 4 の電力を生じさせる。しかし、 $240^2 / 4.487 = 12.836 \text{ kW}$ であり、設定点温度を達成するために必要なより 0 . 3 0 0 kW 多い。抵抗値 (4 . 4 8 7) は常温抵抗値と設計抵抗値の間となることに注意すべきである (実際の値は NiCr のルックアップテーブルから決定される)。この関数は電力の割合の関数として電圧を単純に変化させることにより誤差を補正する。

20

【 0 0 4 1 】

抵抗線 3 6 に印加されている実際の電力を決定するためにさらに別の方法を使用することができる。特に、ブロック 1 1 0 に示すように、センサ 5 8 により測定される抵抗線 3 6 の電圧降下、およびセンサ 6 2 により測定される抵抗線 3 6 の抵抗値の両方を少なくとも実質的にリアルタイムに決定することができる。したがって、印加電力は上記の式 (2)

30

【 0 0 4 2 】

ブロック 1 0 8、1 1 0 または 1 1 2 のいずれかで決定された、抵抗線 3 6 へ印加されている電力を、ブロック 1 0 0 で決定された、負荷を設定点へ移動させるために必要な電力と比較することにより、差の値を得ることができる (ブロック 1 1 4)。差の値は、抵抗線 3 6 へ印加されている電力の割合の増加または減少の面から表現することができる。したがって、抵抗線 3 6 へ印加されている電力 (ブロック 1 1 6) は部分的にブロック 1 1 4 で得られた差の値に基づいて調整される (ブロック 1 1 8)。

【 0 0 4 3 】

要求される全てのパラメータを決定し、必要な電力を決定することは、ヒータシステムの能力内のあらゆる負荷に対して正確な温度制御を維持するための迅速な補正をもたらす。システムはこれらの変化に应答することができるが、システムの熱的遅延は、小さい負荷から大きな負荷へ移行する時に温度の低下を生じさせ、逆に大きな負荷から小さい負荷へ移行する時にオーバーシュートを生じさせる。この効果を減少させるために、上昇または低下する流体温度の変化率が許容可能な範囲を超えた時に D A C システム 1 0 は抵抗線に印加されている電力を調整する。

40

【 0 0 4 4 】

特に、D A C システム 1 0 は、入口の流体温度と出口の流体温度の間の温度変化率の関数として、抵抗線 3 6 に印加される電力を増大または減少させる (ブロック 1 2 0)。流体温度変化率が、ユーザがプログラムできるまたは工場の設定点より大きいならば (ブロッ

50

ク 1 2 2)、抵抗線に印加される電力は、変化速度が所定範囲内まで減少するまで減少する(ステップ 1 2 4)。流体の温度変化率が、ユーザがプログラム可能なまたは工場の設定点より小さいならば(ブロック 1 2 6)、抵抗線 3 6 に印加される電力は、変化率が所定範囲内へ増加するまで増加する(ブロック 1 2 8)。流体の温度変化率が許容範囲内であることが決定されると(ブロック 1 3 0)、抵抗線 3 6 に印加される電力は、必要電力(ブロック 1 1 4)と実際の電力(ブロック 1 0 8、1 1 0 または 1 1 2)(ブロック 1 3 2)の間の割合差に基づいて再度継続的に調整される。

【0 0 4 5】

また、DAC システム 1 0 は、設定点からの流体温度差(例えば温度オフセット)の関数として、加熱エレメントへ印加される電力を増大または減少させることができる。すなわち、設定点値は、温度センサ 4 6 により測定される出口 3 0 での流体の温度と比較される(ブロック 1 4 0)。

10

【0 0 4 6】

出口の温度が所定の差レベル(ブロック 1 4 2)がプリセットされた差レベル(ユーザが選択可能または工場によるプリセット)以上に設定点より小さいならば、抵抗線 3 6 に印加される電力は、オフセットが所定範囲内まで減少されるまで増加される(ブロック 1 4 4)。出口の温度がプリセットされた差レベル(ブロック 1 4 6)以上に設定点より大きいならば、抵抗線 3 6 に印加される電力は、オフセットが所定範囲内まで減少するまで減少する(ブロック 1 4 8)。出口の温度が設定点の許容範囲内であることが決定されると(ブロック 1 5 0)、電力レベルは必要電力(ブロック 1 1 4)と実際の電力(ブロック 1 0 8、1 1 0 または 1 1 2)の間の割合差に基づいて再度調整される(ブロック 1 5 2)。

20

【0 0 4 7】

本発明を好適な実施形態を参照して説明してきた。明らかに、上記の詳細な説明を読み、理解することにより他の修正および変形が生じうる。そのような修正および変形が添付の請求の範囲およびその均等物の範囲内にある限り、本発明はそのような全ての修正や変形を含むと解釈されることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の形態を取り入れた、流体ヒータのための温度制御システムの単純化したブロック図である。

30

【図 2】 図 1 の温度制御システムの動作フロー図である。

フロントページの続き

(72)発明者 ベース・ハワード・ジェイ
アメリカ合衆国 オハイオ 44506 マセドニア フローレンス ドライブ 938

審査官 川端 修

(56)参考文献 米国特許第05438642(US,A)
特開平09-145156(JP,A)
特開平09-049660(JP,A)
特開平09-274987(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F24H 1/10