

(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2005-291652
(P2005-291652A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl.⁷
F 2 4 F 11/02

F I
F 2 4 F 11/02 Z
F 2 4 F 11/02 1 O 2 L

テーマコード (参考)
3 L O 6 O

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日 特許法第30条第1項適用申請有り 平成15年11月15日 社団法人日本冷凍空調学会発行の「冷凍 第78巻(第913号)」に発表	特願2004-109660 (P2004-109660) 平成16年4月2日(2004. 4. 2)	(71) 出願人 390018474 新日本空調株式会社 東京都中央区日本橋本石町4丁目4番20号 三井第二別館 (74) 代理人 100104927 弁理士 和泉 久志 (72) 発明者 岡崎 徳臣 長野県茅野市宮川字墨筋内7033-182 新日本空調株式会社技術研究所内 (72) 発明者 益子 勇次 宮城県仙台市青葉区一番町3-7-1 新日本空調株式会社東北支店内 Fターム(参考) 3L060 EE31
--	---	--

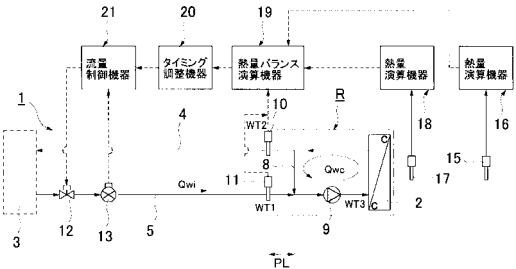
(54) 【発明の名称】 空調方法及び空調装置

(57) 【要約】

【課題】 シングル・ブリード・イン方式を採用しつつも、ダブル・ブリード・イン方式とほぼ同等、若しくはそれ以上に室内温度の変動を極めて小さく制御可能とする。

【解決手段】 室内温度計15及び／又は給気温度計17による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正し得る前記熱交換コイル2における熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統Rに供給される熱量とが等しくなるように、熱源3から前記熱媒循環系統Rに供給すべき熱媒供給量 Q_{wi} を算出するとともに、この算出された熱媒供給量 Q_{wi} を熱交換コイル入口での熱媒温度の変化による熱量バランスへの影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量 Q'_{wi} に修正し、この修正熱媒供給量 Q'_{wi} を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正し得る前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなるように、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することを特徴とする空調方法。 10

【請求項 2】

熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイルにおける熱交換量を求め、 20

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度および前記熱交換コイルにおける熱交換量とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することを特徴とする空調方法。

【請求項 3】

熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、 30

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイル入口での熱媒温度を求め、

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度、前記熱媒循環系統における循環熱媒量および前記熱交換コイル入口での熱媒温度とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することを特徴とする空調方法。 40

【請求項 4】

前記タイミング調整を行った熱媒供給量への修正は、ラプラス変換による進み遅れ要素とむだ時間要素とを組み合わせた下記(1)の伝達関数によって行う請求項1～3いずれかに記載の空調方法。

$$Y(s) = e^{-Ls} * (1 + T1s) / (1 + T2s) * X(s) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、Y：出力、X：入力、L：むだ時間、T1：進み時定数、T2：遅れ時定数とする。

【請求項 5】

熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記 50

熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調装置において、

前記熱媒循環系統入側に設置された熱媒温度計、熱媒循環系統出側に設置された熱媒温度計、室内に設置された室内温度計及び／又は吹出口部に設置された給気温度計からなる温度計測機器群と、

この室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイルにおける熱交換量又は前記熱交換コイル入口での熱媒温度を求めるための熱量演算機器と、

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度および前記熱交換コイルにおける熱交換量又は前記熱媒循環系統における循環熱媒量および前記熱交換コイル入口での熱媒温度とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出する熱量バランス演算機器と、

この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正するためのタイミング調整機器と、

この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するために前記熱媒の供給路に設けた制御弁を開度調整するための流量制御機器とからなることを特徴とする空調装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、クリーンルーム等の恒温室において、室内温度の変動を極めて小さく制御可能な空調方法及び空調装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の産業は省力化、高機能化により電子機器の利用が不可欠となっており、これらの基盤技術の研究、開発が多く企業で活発に行われている。これらの開発や製造を行うためには精密に温度制御された環境が必要とされており、この要求を満たすべく温度変動範囲が0.01℃以下の超精密温調室や、大規模精密温調室が多々紹介されている。

【0003】

温度変動範囲を上記範囲内のように極力最小に抑えるための空調装置としては、主に3通りの方式が知られており、再熱システム方式は、電気ヒーターを用いて一度冷却した熱媒を再度温めて要求精度を維持する方式である。しかし、前記再熱システム方式では、一度冷却した熱媒を再度温めるためエネルギー損失が大きいなどの問題がある。この問題を解決するために提案されたのがブリード・イン方式である。このブリード・イン方式には、熱媒循環系統を単一とするシングル・ブリード・イン方式と、熱媒循環系統を二重に形成するダブル・ブリード・イン方式とがある。

【0004】

前者のシングル・ブリード・イン方式は、図9に示される空調装置30Aのように、熱交換コイル31への送給路と、熱交換コイル31からの還流路とを繋ぐバイパス44によって熱交換コイル31との間にブリード・インと呼ばれる熱媒循環系統32を設け、前記熱交換コイル31より還流される熱媒の一部を、熱源33より供給される熱媒に混合させて熱交換コイル31に再供給するようにしたもので、熱源からの熱媒供給量は、室内温度計34と接続された室内温度制御機器35により制御弁36を開度制御することにより調整されるようになっている。この方式では、熱媒循環系統32に循環させる熱媒量を通常の3～4倍とすることで、熱源から供給される熱媒変動による影響を極小化し要求精度を維持できる利点がある。

【0005】

後者のダブル・ブリード・イン方式は、下記特許文献1に開示される方式で、前記シングル・ブリード・イン方式をさらに発展させたものである。具体的には図10に示される

10

20

30

40

50

空調装置 30B のように、熱交換コイル 31 と熱源 33 との間に第 2 の熱交換コイル 37 を設け、前記熱交換コイル 31 部では上記シングル・ブリード・イン方式と同様に熱媒循環系統 32 を形成し、かつ第 2 のバイパス 45 を形成することにより前記第 2 熱交換コイル 37 を巡る第 2 熱媒循環系統 41 を形成し、室内温度計 34 と給気温度計 38 とに基づいて第 1 コントローラ 39 により制御弁 40 を開閉制御することにより、前記熱媒循環系統 32 への熱媒供給量を制御するとともに、前記第 2 熱媒循環系統 41 に設けられた送水温度計 42 に基づいて第 2 コントローラ 43 により制御弁 36 を開閉制御することにより熱媒供給量を制御する方式である。このダブル・ブリード・イン方式では、第 2 熱媒循環系統 41 を設けたことにより、前記シングル・ブリード・イン方式よりもさらに、熱源から供給される熱媒変動による影響を極小化できるようになり、高い精度で要求精度が維持できるようになる。 10

【特許文献 1】特開平 10-281532 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記シングル・ブリード・イン方式では、循環させる熱媒量を増やすことである程度、要求精度の向上を図ることは可能であるけれども、その量にも物理的な限界がある。また、熱媒量を増やせば設備費と運転費の増大を招くようになる。

【0007】

一方で、前記ダブル・ブリード・イン方式の場合には、高い精度で室内温度を一定に制御することが可能になるけれども、熱媒回路が複雑になるとともに、システムの構成機器が増えるため、設備費が増大するとともに、工期も延びることになる。 20

【0008】

そこで、本発明の主たる課題は、シングル・ブリード・イン方式を採用しつつも、ダブル・ブリード・イン方式とほぼ同等、若しくはそれ以上に室内温度の変動を極めて小さく制御可能とする空調方法および装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するために請求項 1 に係る本発明として、熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、 30

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正し得る前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなるように、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することの特徴とする空調方法が提供される。

【0010】

上記請求項 1 記載の本発明においては、室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正し得る前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなるように、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出し、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正するようにしている。 40

【0011】

シングル・ブリード・イン方式における制御誤差の主たる原因は、熱源より供給される熱媒の温度変化の影響が送風温度又は熱交換コイル入口での熱媒温度変化に現れるタイミングと、熱媒供給量の変化の影響が送風温度又は熱交換コイル入口での熱媒温度変化に現 50

れるタイミングとが異なるためであるとの知見から、本発明では、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正することにより、両者のタイミングズレを無くし、過渡状態での制御の安定性を維持するようにした。

【0012】

その結果、後述の実施例で検証されるように、シングル・ブリード・イン方式を採用しつつも、ダブル・ブリード・イン方式とほぼ同等、若しくはそれ以上に室内温度の変動を極めて小さく制御可能となる。

【0013】

請求項2に係る本発明として、熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイルにおける熱交換量を求め、

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度および前記熱交換コイルにおける熱交換量とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することを特徴とする空調方法が提供される。

【0014】

請求項3に係る本発明として、熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調方法において、

室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイル入口での熱媒温度を求め、

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度、前記熱媒循環系統における循環熱媒量および前記熱交換コイル入口での熱媒温度とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出するとともに、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正し、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するように流量制御することを特徴とする空調方法が提供される。

【0015】

請求項4に係る本発明として、前記タイミング調整を行った熱媒供給量への修正は、ラプラス変換による進み遅れ要素とむだ時間要素とを組み合わせた下記(1)の伝達関数によって行う請求項1～3いずれかに記載の空調方法。

【0016】

$$Y(s) = e^{-Ls} * (1+T1s) / (1+T2s) * X(s) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、Y：出力、X：入力、L：むだ時間、T1：進み時定数、T2：遅れ時定数とする。

【0017】

請求項5に係る本発明として、熱交換コイルへの送給路と、熱交換コイルからの還流路とを繋ぐバイパスによって前記熱交換コイルを巡る熱媒循環系統を形成し、前記熱交換コイルから還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイルに再供給するようにした空調装置において、

前記熱媒循環系統入側に設置された熱媒温度計、熱媒循環系統出側に設置された熱媒温度計、室内に設置された室内温度計及び／又は吹出口部に設置された給気温度計からなる

温度計測機器群と、

この室内温度計及び／又は給気温度計による計測温度に温度変化が生じたならば、前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイルにおける熱交換量又は前記熱交換コイル入口での熱媒温度を求めるための熱量演算機器と、

前記熱交換コイルにおける熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統入側での熱媒温度、前記熱媒循環系統出側での熱媒温度および前記熱交換コイルにおける熱交換量又は前記熱媒循環系統における循環熱媒量および前記熱交換コイル入口での熱媒温度とから、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出する熱量バランス演算機器と、

この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正するためのタイミング調整機器と、 10

この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するために前記熱媒の供給路に設けた制御弁を開度調整するための流量制御機器とからなることを特徴とする空調装置が提供される。

【発明の効果】

【0018】

以上詳説のとおり本発明によれば、シングル・ブリード・イン方式を採用しつつも、ダブル・ブリード・イン方式とほぼ同等、若しくはそれ以上に室内温度の変動を極めて小さく制御可能とすることができる。さらに個別的に効果を列挙すれば、

(1)再熱システムのように、電気ヒータによる再熱動作を必要としないため運転費が低減できる。 20

(2)シングル・ブリード・イン方式ではあるが、循環熱媒量を増やさずに室内温度精度を飛躍的に高められ、かつ設備費や運転費の増大を招かない。

(3)既設のシングル・ブリード・イン方式に対して、制御機器の追加と、熱媒循環系統の出入口部への温度計および流量計の追加のみで、本発明空調装置への変更が可能である。また、設備改修期間の短縮が可能であるとともに、改修費が安価で済むようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳述する。図1は本発明に係る空調装置1の概略構成図である。 30

【0020】

本空調装置1は、クリーンルーム等の極めて狭い温度変動範囲内にあることが要求される精密温調室等に設けられるものであり、負荷側に設けられて冷水または温水（以下、熱媒という。）を室内への給気と熱交換する熱交換コイル2と、この熱交換コイル2の反対側に設けられた熱媒を製造する熱源3との間に、熱交換コイル2より還流された熱媒の流路となるレタン管4と、熱源3より供給される熱媒の流路となるサプライ管5が設けられ、かつ双方の管路4、5間を繋ぐバイパス管8が設けられ、前記熱交換コイル2へのサプライ管5と、熱交換コイル2からのレタン管4とを繋ぐバイパス管8によって前記熱交換コイル2を巡る熱媒循環系統Rを形成し、前記熱交換コイル2から還流される熱媒の一部を、熱源から供給される熱媒に混合させて前記熱交換コイル2に再供給するようにしたシングル・ブリード・イン方式の空調方式である。なお、符号9は前記熱媒循環系統R経路中に設けられたポンプである。 40

【0021】

本発明では、前記熱媒循環系統Rの入側での熱媒温度WT1を測定するために前記バイパス路8の上流側位置に熱媒温度計11を配設するとともに、前記熱媒循環系統Rの出側での熱媒温度WT2を測定するために前記バイパス管8の下流側位置に熱媒温度計10を配設し、かつ室内への吹出口部近傍には送風温度を計測するための給気温度計17、室内温度を計測するための室内温度計15からなる温度計測機器群が夫々配設されている。なお、前記給気温度計17及び室内温度計15の一方だけを設置するようにしてもよい。

【0022】

また、熱源 3 からのサプライ管 5 の途中に制御弁 12 を配設するとともに、その下流側に流量計 13 が配設されている。

【0023】

一方、演算／制御機器群として、室内温度計 15 と接続された熱量演算機器 16、給気温度計 17 と接続された熱量演算機器 18、詳しくは後述するが、前記熱媒温度計 10、11 と接続されるとともに、前記熱量演算機器 16、18 と接続され、熱源から前記熱媒循環系統に供給すべき熱媒供給量を算出する熱量バランス演算機器 19 と、この算出された熱媒供給量を熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量に修正するためのタイミング調整機器 20 と、この修正熱媒供給量を前記熱媒循環系統に供給するために前記熱媒の供給路に設けた制御弁 12 を開度調整するための流量制御機器 21 とが設けられている。 10

【0024】

次に、前記空調装置 1 における熱媒の供給制御について詳述する。

【0025】

室内温度計 15 及び／又は給気温度計 17 により常時温度計測を行い、計測温度に温度変化が生じたならば（設定温度からの変化）、前記熱量演算機器 16、18 により前記温度変化を解消し元の設定温度に修正するための前記熱交換コイル 2 における熱交換量 Q か、或いは前記熱交換コイル 2 入口での熱媒温度 $WT3$ を算出する。

【0026】

続いて、前記熱量演算機器 16、18 により熱交換コイル 2 における熱交換量 Q が算出される場合には、熱量バランス演算機器 19 において、前記熱交換コイル 2 における熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統 R に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統 R の入側での熱媒温度 $WT1$ 、前記熱媒循環系統 R の出側での熱媒温度 $WT2$ および前記熱交換コイル 2 における熱交換量 Q とから、下記（2）式により熱源から前記熱媒循環系統 R に供給すべき熱媒供給量 Q_{wi} を算出する。 20

【0027】

$$Q_{wi} = Q / (WT2 - WT1) \quad \dots \dots (2)$$

また、前記熱量演算機器 16、18 により前記熱交換コイル 2 の入口での熱媒温度 $WT3$ が算出される場合には、熱量バランス演算機器 19 において、熱交換コイル 2 における熱交換量と、熱源から前記熱媒循環系統 R に供給される熱量とが等しくなる条件の熱量バランス方程式に基づいて、前記熱媒循環系統 R の入側での熱媒温度 $WT1$ 、前記熱媒循環系統 R の出側での熱媒温度 $WT2$ 、前記熱媒循環系統 R における循環熱媒量 Q_{wc} および前記熱交換コイル入口での熱媒温度 $WT3$ とから、下記（3）式により熱源から前記熱媒循環系統 R に供給すべき熱媒供給量 Q_{wi} を算出する。 30

【0028】

$$Q_{wi} = Q_{wc} (WT2 - WT3) / (WT2 - WT1) \quad \dots \dots (3)$$

ところで、前記熱源 3 より供給される熱媒の温度 $WT1$ の変化の影響が熱量バランスに与える影響、すなわち室内への送風温度や熱交換コイル 2 の入口熱媒温度に現れるタイミングと、前記熱源 3 より供給される熱媒供給量の変化の影響が室内への送風温度や熱交換コイル 2 の入口熱媒温度に現れるタイミングとが異なるため、過渡状態では通常バランスしない。そこで、前記タイミング調整機器 20 により、前記熱量バランス演算機器 19 で算出された熱媒供給量 Q_{wi} に対して、この算出された熱媒供給量を、熱源からの熱媒温度変化の影響ズレを無くすようにタイミング調整を行った熱媒供給量 Q'_{wi} に修正し、両者のタイミングズレを無くし、過渡状態での制御の安定性を維持するようにする。 40

【0029】

前記タイミング調整を行った熱媒供給量 Q'_{wi} への修正は、進み遅れ要素を考慮するとともに、熱媒温度変化が温度計から熱交換コイル 2 に達するまでの時間遅れを考慮して行うこととするが、前記進み遅れ要素は線形 1 次微分方程式で表される要素となるため、制御一般で行われているように、前記進み遅れ要素とむだ時間要素との方程式をラプラス変換した伝達関数によって行うようにする。

【0030】

以下、順を追いながら前記伝達関数による熱媒供給量の修正方法（ Q'_{wi} ）について具体的に詳述する。

【0031】

まず、進み遅れ演算をラプラス変換した伝達関数を下式（4）に示す。また、ブロック線図を図2(A)に示し、入出力の波形変化を図2(B)に示す。

【0032】

$$Y(s) = (1+T1s)/(1+T2s) * X(s) \quad \cdots \cdots (4)$$

ここに、Y：出力、X：入力、T1：進み時定数、T2：遅れ時定数である。

【0033】

図2(B)に示されるように、(i) $T1 = T2$ の時、タイミングの変化なし、(ii) $T1 > T2$ の時、タイミングを前に進める、(iii) $T1 < T2$ の時、タイミングを遅らすようにする。

【0034】

次いで、むだ時間演算をラプラス変換した伝達関数を下式（5）に示す。また、ブロック線図を図3(A)に示し、入出力の波形変化を図3(B)に示す。

【0035】

$$Y(s) = e^{-Ls} * X(s) \quad \cdots \cdots (5)$$

ここに、Y：出力、X：入力、L：むだ時間である。

【0036】

そして、前記進み遅れ演算とむだ時間演算の組み合わせをラプラス変換した伝達関数は下式（1）となる。また、ブロック線図を図4(A)に示し、入出力の波形変化を図4(B)に示す。

【0037】

$$Y(s) = e^{-Ls} * (1+T1s)/(1+T2s) * X(s) \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、Y：出力、X：入力、T1：進み時定数、T2：遅れ時定数、L：むだ時間である。

【0038】

前記T1、T2、Lの各パラメータは、熱媒温度変化に対する送風温度変化またはコイル入口の熱媒温度変化と、バルブ開度変化に対する送風温度変化又はコイル入口の熱媒温度変化を見て調整する。ここで、T1はバルブの応答遅れを示す時間定数、T2は熱媒温度変化の応答遅れを示す時定数、Lは熱媒温度変化が温度計から熱交換コイル2に達するまでの時間遅れとなる。

【0039】

ところで、前記むだ時間Lについては、ブリードイン配管と熱媒温度計11との距離PLが離れていると配管内流速（ Q/A ：Aは配管断面積）の変化を受けて大きく変化するので、むだ時間Ls設定時の供給冷水量 Q_s に対する変化量（ $Q_s - Q$ ）を監視し補正を加えるようにするのが望ましい。具体的には、熱媒供給量が極めて小さいときにはむだ時間Lが必要以上に大きな値となってしまう、制御がかえって不安定になるので上限値L1を設けるようにする。その結果、図5に示されるブロック線図となる。

以上のタイミング調整を行った修正熱媒供給量 Q'_{wi} を熱媒循環系統Rに供給すべく、流量計13により流量を測定しながら制御弁12の開度調整を行うようにする。

【実施例】

【0040】

1. 試験目的

下表1に示されるように、本発明に係る改良シングル・ブリード・イン方式の空調装置1（実施例）、従来例に係る図9に示されるシングル・ブリード・イン方式の空調装置30A（比較例1）、図10に示されるダブル・ブリード・イン方式の空調装置30B（比較例2）において、以下の条件下で種々の外乱を発生させ、その際の室内温度の変化を測定することにより性能比較を行った。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

【表 1】

試験項目	システム	負荷率	循環水量 (l/min)	
			主循環路	第 2 循環路
・ 熱源送水温度変動 ・ 熱源送水量変動 ・ 室内負荷変動	改良シングル・ブリード・イン（実施例）	8 0 %	120	無し
			40	〃
	シングル・ブリード・イン（比較例 1）		120	〃
			40	〃
	ダブル・ブリート・イン（比較例 2）		120	30
			40	30

10

【 0 0 4 2 】

2. 試験方法

試験条件は下表 2 とした。

【 0 0 4 3 】

【表 2】

設定項目	設定値	備考
熱源送水温度	1 3 °C	
第 2 循環路送水温度	1 7 °C	ダブル・ブリード・インのみ
室内温度	2 6 °C	
熱源送水流量	1 4 l/min	
第 2 循環路の循環水量	4 0 l/min	ダブル・ブリード・インのみ
主循環路の循環水量	120/40 l/min	
風量	2500 m ³ /h	

20

【 0 0 4 4 】

30

〔実験 1〕

外乱として熱源機器の容量制御による冷水温度変動を想定した試験を行った。具体的には、以下の条件で熱源送水温度設定を変動させるようにした。

- ・ 負荷率：8 0 % (3600kcal/h)
- ・ 熱源送水温度変動：1 3 °C から 9 °C に変動（変動幅：4 °C、温度勾配 1 . 5 °C/min）

〔実験 2〕

外乱として熱源側ポンプの変流量制御による冷水流量変動を想定した試験を行った。具体的には、以下の条件で熱源側のバルブを閉じて熱源供給流量を変動させるようにした。

- ・ 負荷率：8 0 % (3600kcal/h)
- ・ 熱源供給流量変動：1 4 (l/min) から 1 2 (l/min) に変動（変動幅：2 l/min）

40

〔実験 3〕

外乱として、室内負荷を想定した試験を行った。電気ヒーターにより以下の負荷を与え、室内負荷を変動させる。

- ・ 負荷率：8 0 % (3600kcal/h)
- ・ 部分負荷変動：± 5 % （± 225kcal/h）周期 2 8 min

なお、制御機器のパラメータ設定は下表 3 のとおりとした。

【 0 0 4 5 】

【表 3】

パラメータ	循環水量	給気温度制御	送水温度制御	流量制御	FF制御	二自由度制御
シングル・フリー ド・イン (実施例)	120 l/min	P : 0.5 (°C/°C) I : 40 (sec) D : 0.8 (sec)	P : 2.8 (l/min/°C) I : 100 (sec)	P : 5.08 (%/l/min) I : 1.0 (sec)	プロセス時定数 : 440sec 外乱時定数 : 440sec ゲイン : 20.0 循環流量 : 120 l/min	$\alpha=0.4$ $\beta=1.3$ $\gamma=\text{無し}$
	40 l/min	P : 0.9 (°C/°C) I : 40 (sec) D : 1.6 (sec)	P : 2.5 (l/min/°C) I : 100 (sec)	P : 4.85 (%/l/min) I : 1.0 (sec)	プロセス時定数 : 300sec 外乱時定数 : 300sec ゲイン : 8.0 循環流量 : 40 l/min	$\alpha=0.4$ $\beta=1.3$ $\gamma=\text{無し}$
シングル・フリー ド・イン (比較例1)	120 l/min	P : 28.0 (°C/°C) I : 150 (sec)				
	40 l/min	P : 19.0 (°C/°C) I : 150 (sec)				
ダブル・フリー ド・イン (比較例2)	120+30 l/min	P : 50.0 (°C/°C) I : 200 (sec)	P : 41.6 (°C/°C) I : 150 (sec)			
	40+30 l/min	P : 28.5 (°C/°C) I : 200 (sec)	P : 41.7 (°C/°C) I : 150 (sec)			

10

20

30

【0046】

3. 試験結果

〔実験1の結果〕

熱源側送水温度を変動させた場合の結果を下表4に示すとともに、その一部の結果を図6に示す。

【0047】

【表 4】

評価項目	循環水量 (l/min)	最大偏差 (deg)	収束時間 (sec)	偏差の絶対 値積分 (deg・sec)	偏差の絶対 値の 時間重み付 き積分 (deg・sec ²)
改良シングル・ブリード ・イン（実施例）	120	0.211	1,236	56.2	26,098
	40	0.218	1,192	59.9	27,540
シングル・ブリード・イン （比較例 1）	120	0.768	2,200	332.1	198,062
	40	0.884	1,604	454.4	243,613
ダブル・ブリード・イン （比較例 2）	120+30	0.270	2,160	98.0	68,404
	40+30	0.227	2,468	89.4	69,538

10

【0048】

〔実験 2 の試験結果〕

熱源側送水流量を変動させた場合の結果を下表 5 に示すとともに、その一部の結果を図 7 に示す。

20

【0049】

【表 5】

評価項目	循環水量 (l/min)	最大偏差 (deg)	収束時間 (sec)	偏差の絶対 値積分 (deg・sec)	偏差の絶対 値の 時間重み付 き積分 (deg・sec ²)
改良シングル・ブリード ・イン（実施例）	120	—	—	—	—
	40	—	—	—	—
シングル・ブリード・イン （比較例 1）	120	0.359	1,352	182.8	94,828
	40	0.454	1,712	277.0	172,293
ダブル・ブリード・イン （比較例 2）	120+30	0.109	1,020	30.3	11,031
	40+30	0.102	1,568	48.3	30,959

30

【0050】

注：改良シングル・ブリード・インは変動無し（無負荷状態での周期曲線に一致している。）

40

〔実験 3 の試験結果〕

室内の負荷を変動させた場合の結果を下表 6 に示すとともに、その一部の結果を図 8 に示す。

【0051】

【表 6】

評価項目	循環水量 (l/min)	周期：28min 最大偏差 (deg)
改良シングル・ブリード・イン（実施例）	120	0.114
	40	0.127
シングル・ブリード・イン（比較例 1）	120	0.246
	40	0.255
ダブル・ブリード・イン（比較例 2）	120+30	0.150
	40+30	0.157

10

【0052】

4. まとめ

（１）循環水量が増えれば、空調系の応答速度が増すため制御精度が上がるが、ある程度流量を増やすとその効果はほとんど差がない。

（２）ダブル・ブリード・インでは、冷水温度制御を途中に入れていることにより、シングル・ブリード・イン通常制御よりも温度制御精度が向上する。

（３）本発明に係る改良シングル・ブリード・イン方式では、シングル・ブリード・イン方式で循環水量を３倍にしたときよりも制御精度が高い。

（４）本発明に係る改良シングル・ブリード・イン方式は、循環水量を増やすことなく、ダブル・ブリード・インと同等、若しくはそれ以上の温度制御精度が得られる。特に外乱収束が速い。

（５）本発明に係る改良シングル・ブリード・イン方式は、熱源側流量変動の影響は全く受けない。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図 1】本発明に係る空調装置 1 の概略構成図である。

【図 2】進み遅れ要素に基づくラプラス変換伝達関数についての説明図であり、(A)はそのブロック線図、(B)は入出力波形変化図である。

【図 3】むだ要素に基づくラプラス変換伝達関数についての説明図であり、(A)はそのブロック線図、(B)は入出力波形変化図である。

【図 4】進み遅れ要素とむだ要素との組合せに基づくラプラス変換伝達関数についての説明図であり、(A)はそのブロック線図、(B)は入出力波形変化図である。

【図 5】補正されたラプラス変換伝達関数のブロック線図である。

【図 6】実験 1 における室内温度測定結果を示すグラフである。

【図 7】実験 2 における室内温度測定結果を示すグラフである。

【図 8】実験 3 における室内温度測定結果を示すグラフである。

【図 9】従来例に係る空調装置 30A の概略構成図である。

【図 10】従来例に係る空調装置 30B の概略構成図である。

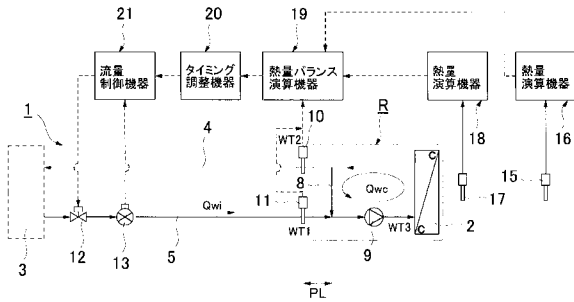
【符号の説明】

【0054】

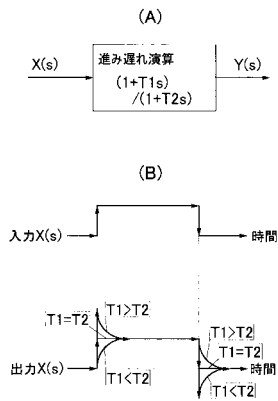
1…空調装置、2…熱交換コイル、3…熱源、4…レタン管、5…サプライ管、8…バイパス管、10・11…熱媒温度計、16・18…熱量演算機器、19…熱量バランス演算機器、20…タイミング調整機器、21…流量制御機器、R…熱媒循環系統

40

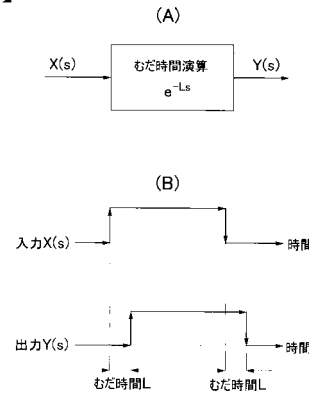
【図 1】



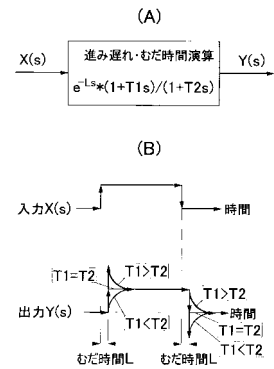
【図 2】



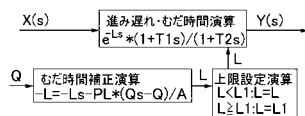
【图 3】



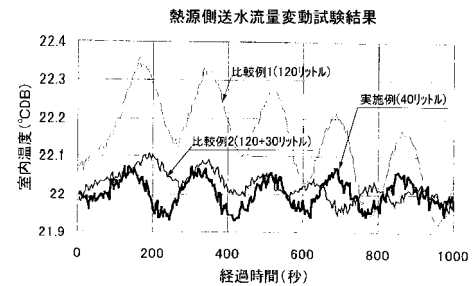
【図 4】



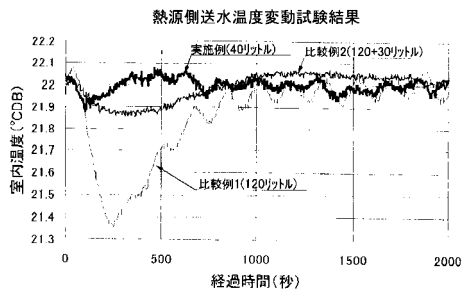
【図 5】



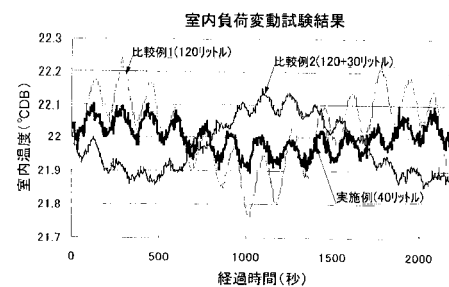
【图 7】



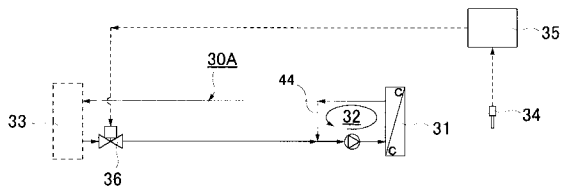
【 図 6 】



【图 8】



【図 9】



【図 10】

