

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4743515号  
(P4743515)

(45) 発行日 平成23年8月10日 (2011.8.10)

(24) 登録日 平成23年5月20日 (2011.5.20)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 4 F 3/00 (2006.01)

F 2 4 F 3/00

B

F 2 4 F 11/04 (2006.01)

F 2 4 F 11/04

Z

F 2 4 F 13/02 (2006.01)

F 2 4 F 13/02

G

F 2 4 F 13/02

D

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-16588 (P2006-16588)  
 (22) 出願日 平成18年1月25日 (2006.1.25)  
 (65) 公開番号 特開2007-198655 (P2007-198655A)  
 (43) 公開日 平成19年8月9日 (2007.8.9)  
 審査請求日 平成19年10月10日 (2007.10.10)

(73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地  
 (73) 特許権者 000005234  
 富士電機株式会社  
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号  
 (74) 代理人 100105854  
 弁理士 廣瀬 一  
 (72) 発明者 布施 正史  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 安藤 吉富  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会  
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空調システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 乃至は複数の空調機の送風口から分岐されて延長されるダクトの空気の吹出し口を空調対象領域に設置してその領域の空調を行う空調システムにおいて、

前記ダクトは、前記空調機の送風口に接続される複数の上層ダクトと、該上層ダクトと上下で交差させて格子状になるように、前記上層ダクトの下に所定間隔を設けて配置された複数の中層ダクトと、風量調整用のダンパが内蔵され、前記交差部分の上層ダクトおよび中層ダクトを接続する複数の接続ダクトと、1 乃至は複数の前記吹出し口を有し、前記中層ダクトに設けられた複数の開閉自在な開口部に着脱自在に取付けられる最下層ダクトと、からなるマトリクス空調ダクトであることを特徴とする空調システム。

【請求項 2】

前記マトリクス空調ダクトのうち格子状に固定された上層および中層ダクトの交差部分の交点を前記ダンパの位置座標と見做すと共に、その交点に前記空調機が位置すれば該当交点を、位置しなければ空調機に最寄りの交点を空調機の位置座標と見做し、空調が必要な空調対象領域に位置する各ダンパと、当該ダンパが内蔵されたダクトに繋がる空調機との距離を双方の位置座標からそれぞれ求めると共に各ダンパの各要求風量を求め、この求められた各距離に反比例すると共に各要求風量に比例する係数を空調機毎に求め、この求められた係数が大きいほど順位が高くなるように空調機に優先順位を付け、前記空調が必要な空調対象領域の全要求風量を、互いの静圧を均衡させた際の合計風量で供給可能な複数の空調機を前記優先順位に従って選択し、この選択された複数の空調機を運転する空調

10

20

制御手段を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の空調システム。

【請求項 3】

前記空調制御手段は、前記空調が必要な空調対象領域の全要求風量を、互いの静圧を均衡させた際の合計風量で供給可能な複数の空調機の運転制御条件に応じたシミュレーションにより予測した予測エネルギー消費量と、同運転制御条件での運転時の実エネルギー消費量との差を、前記係数に反映させる制御を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の空調システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、工場やビル、展示場などの屋内の冷暖房を行う空調システムに関し、特に、未利用エネルギーの利用、省エネルギー、運転コストの低減、運転分析・評価及び地球環境に対する配慮等の各側面において最適な運転を可能とする空調システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば工場に配備される空調システムにおいては、外気または還気を空調用ダクトに吸い込み、更に工場内に配備された複数の空調機により空調処理されたのち工場内の天井などに張り巡らされたダクトに送り込まれ、最終的にダクトの吹出し口から作業空間等に排出されるようになっている。

この種の従来の空調システムとして、例えば特許文献 1 及び 2 に記載のものがある。

20

【特許文献 1】特開平 10 - 246494 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 169972 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような空気搬送による空調システムにおいては、供給元である空調機、搬送ルート  
のダクト、吹出し口が建設時に固定されているので、吹出し場所が変更された場合、これ  
に適合するように吹出し口を含むダクトシステムを変更しなければならない。このため、吹出  
し場所の変更の都度、設備費や修繕費等のコストが掛かるという問題がある。これは、吹  
出し場所の変更が大規模で有れば有る程、高額のコストが掛かることになる。

30

【0005】

また、空調システムにおける制御として、吹出し場所の温度、湿度、風量、風速等の必要  
条件によって空調機の回転数を制御する省エネルギー方法がとられている。この他、複  
数の空調機が連携して並列運転を行う制御方法も考えられるが、搬送ダクト内の静圧のバ  
ランスや気流の乱れ等の要因からその並列運転の制御方法については確立されていない。

このため、上記のような吹出し場所の変更を行った場合、吹出し場所の要求量に応じた  
空調機個別の運転制御、例えばインバータによるファンの回転数制御等は行えるものの、  
吹出し場所の変化に応じて複数の空調機を選択運転したり、複数の空調機に連携して空調  
負荷を分担させたりする柔軟な省エネルギー制御を行うことができない。このため、空調  
対象となる全領域の最適な省エネルギー化を図ることができないという問題がある。

40

【0006】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、吹出し場所変更に伴うダクト  
システム変更にかかるコストを低減することができ、空調対象となる全領域の最適な省エネ  
ルギー化を図ることができる空調システムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の請求項 1 による空調システムは、1 乃至は複数の  
空調機の送風口から分岐されて延長されるダクトの空気の吹出し口を空調対象領域に設置  
してその領域の空調を行う空調システムにおいて、前記ダクトは、前記空調機の送風口に  
接続される複数の上層ダクトと、該上層ダクトと上下で交差させて格子状になるように、

50

前記上層ダクトの下に所定間隔を設けて配置された複数の中層ダクトと、風量調整用のダンパが内蔵され、前記交差部分の上層ダクトおよび中層ダクトを接続する複数の接続ダクトと、1乃至は複数の前記吹出し口を有し、前記中層ダクトに設けられた複数の開閉自在な開口部に着脱自在に取付けられる最下層ダクトと、からなるマトリクス空調ダクトであることを特徴とする。

#### 【0013】

この構成によれば、空調対象領域が例えば広い場所である場合に空調の需要箇所が移動又は変更になった場合、それに応じて吹出し口を有する最下層ダクトを移動、取外し、取付けすればよいので、容易に対応可能となる。従って、従来構成のように吹出し口が建設時に固定されているため、吹出し場所の変更の都度、吹出し口を含むダクトシステムを変更することによって多額の設備費や修繕費等のコストが掛かるといったことが無くなり、吹出し場所変更に伴うダクトシステム変更にかかるコストを大幅に低減することができる。

#### 【0014】

また、本発明の請求項2による空調システムは、請求項1において、前記マトリクス空調ダクトのうち格子状に固定された上層および中層ダクトの交差部分の交点を前記ダンパの位置座標と見做すと共に、その交点に前記空調機が位置すれば該当交点を、位置しなければ空調機に最寄りの交点を空調機の位置座標と見做し、空調が必要な空調対象領域に位置する各ダンパと、当該ダンパが内蔵されたダクトに繋がる空調機との距離を双方の位置座標からそれぞれ求めると共に各ダンパの各要求風量を求め、この求められた各距離に反比例すると共に各要求風量に比例する係数を空調機毎に求め、この求められた係数が大きいほど順位が高くなるように空調機に優先順位を付け、前記空調が必要な空調対象領域の全要求風量を、互いの静圧を均衡させた際の合計風量で供給可能な複数の空調機を前記優先順位に従って選択し、この選択された複数の空調機を運転する空調制御手段を備えていることを特徴とする。

この構成によれば、空調が必要な領域の全要求風量が供給できるように複数の空調機を所定の静圧を保ちながら連携運転することができるので、各空調機の動力を下げることで、合計風量で賄うことにより効率の良い送風を行うことができる。これによって省エネルギー化を図ることができる。

#### 【0015】

また、本発明の請求項3による空調システムは、請求項2において、前記空調制御手段は、前記空調が必要な空調対象領域の全要求風量を、互いの静圧を均衡させた際の合計風量で供給可能な複数の空調機の運転制御条件に応じたシミュレーションにより予測した予測エネルギー消費量と、同運転制御条件での運転時の実エネルギー消費量との差を、前記係数に反映させる制御を行うことを特徴とする。

#### 【0016】

この構成によれば、より適正な係数を得ることが可能となるので、より省エネルギー化を図ることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

以上説明したように本発明によれば、吹出し場所変更に伴うダクトシステム変更にかかるコストを低減することができ、空調対象となる全領域の最適な省エネルギー化を図ることができるという効果がある。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0018】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る空調システムの構成を示す図である。

図1に示す空調システム10は、工場11の屋内に設けられた第1～第3の空調機13-1～13-3と、これら空調機13-1～13-3の送風口に接続され、工場11の天井にマトリクス状に張り巡らされた空調ダクト15-1～15-6、16-1～16-n及び17と、各空調機13-1～13-3の運転制御を行う空調制御部18とを備える。

## 【 0 0 1 9 】

更に、空調システム 1 0 は、工場 1 1 の外に、第 1 ～ 第 3 の蒸発器 2 1 - 1 , 2 1 - 2 , 2 1 - 3 と、これら蒸発器 2 1 - 1 ～ 2 1 - 3 の近傍に配置されたフード 2 2 - 1 , 2 2 - 2 , 2 2 - 3 に取り付けられると共に工場 1 1 の外壁を貫通して各空調機 1 3 - 1 ～ 1 3 - 3 の吸気口に取り付けられたダクト 2 3 - 1 , 2 3 - 2 , 2 3 - 3 と、これらダクト 2 3 - 1 ～ 2 3 - 3 の通気路中に配置された吸込ファン 2 4 - 1 , 2 4 - 2 , 2 4 - 3 と、各蒸発器 2 1 - 1 ～ 2 1 - 3 を挟んだ各フード 2 2 - 1 ～ 2 2 - 3 の対向位置に配置されたノズル装置 2 5 - 1 , 2 5 - 2 , 2 5 - 3 と、これらノズル装置 2 5 - 1 ～ 2 5 - 3 の内部に配置された押込ファン 2 6 - 1 , 2 6 - 2 , 2 6 - 3 と、各蒸発器 2 1 - 1 ～ 2 1 - 3 の温度を検出する温度センサ 2 7 - 1 , 2 7 - 2 , 2 7 - 3 と、ファン制御部 2 8 とを備えて構成されている。

10

## 【 0 0 2 0 】

このような構成要素を備える空調システム 1 0 の特徴を、以下の ( 1 ) ～ ( 6 ) にて説明する。

## ( 1 ) 冷気の回収。

各蒸発器 2 1 - 1 ～ 2 1 - 3 は、図 2 ( a ) のフィン部の平面図、( b ) のフィン部の側面図に示すように、複数枚の板状のフィン 2 1 a が真上から見て星型に組合されて構成されている。更に、各フィン 2 1 a の内部は空洞となり互いの空洞が接続されており、図 3 に第 1 の蒸発器 2 1 - 1 を代表して示すように、コンクリート製の台座 2 1 b の上に固定された各フィン 2 1 a に液体窒素 ( 又は液体酸素 ) を通す配管 2 1 c が組み合わされることによって、図示せぬ液体窒素タンクから矢印 Y 1 a で示すように液体窒素が流入され、これが全てのフィン 2 1 a の内部を通り矢印 Y 1 b で示すように排出される。

20

なお、その排出された液体窒素は、例えば図示せぬ貯蔵タンクに回収される等の構成で再利用されるようになっている。

## 【 0 0 2 1 】

各フィン 2 1 a の内部を液体窒素が通過する際に、フィン 2 1 a の周囲の空気が熱交換によって冷却され、気化熱である冷気が大量に発生する。この冷気は矢印 Y 2 で示すように下方へ流れる。

この冷気をダクト 2 3 - 1 へ取り込むために、押込ファン 2 6 - 1 でノズル装置 2 5 - 1 の 3 つのノズルから矢印 Y 3 で示すように空気を送風し、吸込ファン 2 4 - 1 によってフード 2 2 - 1 から吸込むようになっている。この冷気が吸込まれるまでの流れを矢印 Y 4 で示した。

30

更に説明すると、その送風は、フィン 2 1 a において霜が一番付着し易い液体窒素流入側の反対側で且つフィン 2 1 a の下半分位の高さから地面までの範囲に対して行っている。

## 【 0 0 2 2 】

これを実現するために、フード 2 2 - 1 を、蒸発器 2 1 - 1 の矢印 Y 1 a で示す液体窒素の流入側で且つ下方の近傍位置に配置し、ノズル装置 2 5 - 1 を、蒸発器 2 1 - 1 の矢印 Y 1 b で示す液体窒素の排出側で且つ下半分の近傍位置に配置している。

このように配置された押込ファン 2 6 - 1 と吸込ファン 2 4 - 1 とを、ファン制御部 2 8 により運転することによって、ノズル装置 2 5 - 1 から矢印 Y 3 で示すフード 2 2 - 1 方向に送風が行われ、冷気が矢印 Y 4 で示すように送風方向へ移動する。更に、フード 2 2 - 1 の開口付近は吸込ファン 2 4 - 1 で吸込み状態にあるので、その移動した冷気が効率良くフード 2 2 - 1 内に吸込まれ、矢印 Y 5 で示すようにダクト 2 3 - 1 を通って空調機 1 3 - 1 へ送り込まれる。

40

## 【 0 0 2 3 】

このように、蒸発器 2 1 - 1 の下部からファン 2 6 - 1 , 2 4 - 1 により押込み又は吸引することにより効率的に冷気を回収することが可能となる。ここでは、蒸発器 2 1 - 1 及びこの系統を代表して説明したが、他の蒸発器 2 1 - 2 , 2 1 - 3 系統においても同様である。

50

このように、各蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 の気化過程での気化熱の有効活用を図ることができる。

また、蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 から冷気が周囲に霧状の靄として発生しないので、従来のように道路上の視界が遮られ、歩行者や運転者の安全性が損なわれることも無くなる。換言すれば、蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 の気化過程で発生する靄による視界悪化が及ぼす人への危険性を防止することができる。

【 0 0 2 4 】

( 2 ) 押込及び吸込ファンの運転 / 停止制御。

蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 が複数台ある場合は、常時全てが運転されるとは限らず停止中のものも存在する。蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 が停止中の場合はフィン 2 1 a に液体窒素が流入されていないので、そのフィン表面温度を検出すれば運転 / 停止状態が分かる。

そこで、図 1 に示すように、温度センサ 2 7 - 1 ~ 2 7 - 3 を各蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 の温度変化が最も顕著に現れる位置、例えば下面側に設置して蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 の温度を検出し、ファン制御部 2 8 へ伝送する。

【 0 0 2 5 】

ファン制御部 2 8 は、その検出温度が運転状態を示す温度（運転温度と称す）である場合に、押込及び吸込ファン 2 6 - 1 ~ 2 6 - 3 , 2 4 - 1 ~ 2 4 - 3 を運転する。一方、ファン運転中に検出温度が運転温度よりも高くなった場合、押込及び吸込ファン 2 6 - 1 ~ 2 6 - 3 , 2 4 - 1 ~ 2 4 - 3 を停止する。

このように、蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 が複数台ある場合に、それらの運転 / 停止を検出温度に応じて制御することによって、無駄な電力消費を費やすことなく気化熱の有効活用を図ることができる。

また、押込及び吸込ファン 2 6 - 1 ~ 2 6 - 3 , 2 4 - 1 ~ 2 4 - 3 を、常時又は所定時間間隔で運転させるようにすれば、各フィン 2 1 a に霜が慢性的に付着して氷状に固化するのを初期の段階で防止することが可能となる。

【 0 0 2 6 】

上記構成の他、図 4 に示すように、各蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 に図示せぬタンクからの液体窒素が、バルブ切替制御部 3 5 により制御される選択バルブ 3 4 によって何れか又は全ての蒸発器 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 へ選択的に流入される構成の場合は、次のようにファン運転 / 停止制御を行う。即ち、ファン制御部 2 8 によって、バルブ切替制御部 3 5 の切替制御信号をもとに押込及び吸込ファン 2 6 - 1 ~ 2 6 - 3 , 2 4 - 1 ~ 2 4 - 3 の運転 / 停止制御を行うようにする。

【 0 0 2 7 】

例えば、液体窒素が第 1 の蒸発器 2 1 - 1 のみへ液体窒素を流入するための選択バルブ 3 4 の制御を行っている場合は、この制御信号を受けたファン制御部 2 8 が押込及び吸込ファン 2 6 - 1 , 2 4 - 1 のみを運転するように制御する。

このような制御によっても、上記同様に、無駄な電力消費を費やすことなく気化熱の有効活用を図ることができる。

【 0 0 2 8 】

( 3 ) 蒸発器の霜取り。

図 2 ( b ) に示すように、温水を流入する配管 3 6 と、その流入された温水を複数のノズル 3 8 a から流出させる配管 3 8 とが接続された流水制御装置 3 7 を用いて、各フィン 2 1 a に霜が付着した場合、又は霜が付着して氷状に固化した場合、それを融かして除去するようにしてもよい。

このため、各フィン 2 1 a の上方に複数のノズル 3 8 a を配置し、これらノズル 3 8 a から各フィン 2 1 a に温水が落下するようにした。

これによって、フィン 2 1 a に霜が付着しないので、熱交換率が良くなり、前述のような靄の発生を防止することができる。また、温水を工場設備である炉の廃熱を利用して作れば無駄なエネルギーを費やすことがない。更に、外気温によっては、温水でなくとも常温の水で霜や氷を溶解することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 9 】

( 4 ) 回収冷気と外気との混合制御。

上述のように、冷気を回収して空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 へ導入するが、この際、回収冷気の量が足りない場合、所定温度以上とならないように外気又は工場内の循環気を混ぜて必要量とする。このため、外気取り入れアルゴリズムに基づいた演算により外気を取り入れの可否及び取り入れ量を決定し、回収冷気と取り入れた外気を適切に混合する。

## 【 0 0 3 0 】

このように、空調制御部 1 8 で混合制御を行う。この場合、回収冷気及び外気（又は循環気）における各々のエンタルピから各々を混合した場合のエンタルピをシミュレーション計算し、予め設定した値と比較することにより回収冷気と外気との混合比率を決定する。そして、その混合比率で回収冷気及び外気（又は循環気）が導入されて混合されるように空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 のダンパの開閉率を制御する。

これによって、回収冷気を有効に利用して工場 1 1 の空調を行うことができるので、空調における省エネルギー化を図ることができる。

## 【 0 0 3 1 】

( 5 ) マトリクス空調ダクト構造。

図 1 に示すように、マトリクス空調ダクトは、工場 1 1 の作業スペースの天井に各々が水平且つ平行状態に配置された 6 本の上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 と、これら上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 の下に当該上層ダクトと平行で且つ直交状態、即ち上下で格子状になるように配置された n 本の中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n と、これら中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n の下に所定間隔で作業スペース全体に行き渡るように配置された多数の下層ダクト 1 7 とを備えて構成されている。

## 【 0 0 3 2 】

更に説明すると、各空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 に上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6、中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n、下層ダクト 1 7 を、格子状に多段階層別に配管し、例えば、各空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 に直結される最上層である上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 を空気供給層、次の階層である中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n を空気搬送階層、下層ダクト 1 7 を吹出し層として機能を分けた。つまり、下層ダクト 1 7 には 1 乃至は複数の吹出し口が設けられている。

## 【 0 0 3 3 】

また、上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 と中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n は、図 5 に示すように、上層及び中層ダクトの直交位置に垂直に配置された接続ダクト 3 1 によって通気状態に接続されている。接続ダクト 3 1 の内部には、V D（風量調節ダンパ）、M D（モータダンパ）等の開閉ダンパや、C A V (Constant Air Valve)、V A V (Variable Air Valve) 等のエアバルブ、その他類する開閉装置（以降これらを総称してダンパ 3 2 と称す）が組み込まれており、このダンパ 3 2 で上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 から中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n への風量を調整可能なようになっている。

## 【 0 0 3 4 】

中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n には、下層ダクト 1 7 を抜き差しして取り付けするための多数の開口部が設けられており、この開口部に下層ダクト 1 7 が取り付けられている。開口部は、下層ダクト 1 7 を取り付けない場合はバネ構造で自動的に開口を閉状態とする蓋で塞がれるようになっている。

このようにマトリクス空調ダクト構造とすることによって、例えば、工場 1 1 の製造ラインの変更等で空調の需要箇所が移動又は変更になった場合、それに応じて吹出し口を有する下層ダクト 1 7 を移動、取外し、取付けすればよいので、容易に対応可能となる。

## 【 0 0 3 5 】

従って、従来構成のように吹出し口が建設時に固定されているため、吹出し場所の変更の都度、吹出し口を含むダクト系統を変更することによって多額の設備費や修繕費等のコストが掛かるといったことを解消することができる。換言すれば、吹出し場所変更に伴うダクト系統変更にかかるコストを大幅に低減することができる。特に、従来では、吹出し

10

20

30

40

50

場所の変更が大規模で有れば有る程、高額のコストが掛かっていたが、本実施の形態では、その変更が大規模であってもそれほどコストを掛けないで対応することができる。

#### 【 0 0 3 6 】

( 6 ) 空調機の連携運転制御。

この空調機の連携運転制御は空調制御部 1 8 に行い、上記のような吹出し場所の変更を行った場合、吹出し場所の変化に応じて複数の空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 を選択運転したり、各空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 に連携して空調負荷を分担させたりする柔軟な省エネルギー制御を行うものである。

この空調制御部 1 8 による連携運転制御について、次のステップ S 1 ~ S 1 0 で説明する。

10

ステップ S 1 において、空調条件が変更されたか否かを判断する。空調条件は、上記のような製造ラインの変更のような空調場所の物理的な変更で変わるが、この他、製造ラインの運転停止や作業時間帯など、空調対象場所において空調が必要か否かの状態 ( 空調要否状態 ) に応じて変わる。

#### 【 0 0 3 7 】

そこで、空調条件が変更されたか否かを判断する手段として、本実施の形態では、製造ラインの照明のオン / オフとした。即ち、照明電源 1 9 からの照明オン / オフ信号を受けて判断を行う。なお、その他、製造ラインの動力電源のオン / オフ、空調要否状態を人が手動で行う際の手動信号、空調要否状態をタイマで管理する際のタイマ信号、温湿度計からの信号などを受けて判断を行っても良い。

20

#### 【 0 0 3 8 】

また、空調条件が変更となったか否かの判断結果は、空調条件変更ビットを用いて示すようにした。

即ち、空調条件が変更された場合は、ステップ S 2 において、空調条件変更ビットを「 1 」に変更する。また、後述で説明するステップ S 5 で空調省エネ係数  $E_j$  を計算した後はステップ S 2 で空調条件変更ビットを「 0 」とする。

#### 【 0 0 3 9 】

空調条件変更ビットが「 1 」の場合は、ステップ S 3 において、空調条件変更後に吹出しが必要なエリアの空調系、例えば図 6 に示すような空調系の座標グリッドを形成して各空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 及び各ダンパ 3 2 の位置を示す座標を求める。

30

即ち、マトリクス空調ダクト構造の上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 及び中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n を座標グリッドと見做し、これら交点から空調機 1 3 - 1 ~ 1 3 - 3 の位置を示す座標と、接続ダクト 3 1 に設けられたダンパ 3 2 の位置を示す座標とを求める。

#### 【 0 0 4 0 】

但し、空調条件変更後に吹出しが必要な空調系は、例えば照明オン / オフ信号と、この信号のオン / オフで分かるエリアとを対応付けておき、オンのエリアのみの空調系の座標グリッドを形成する。

上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 と中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - n との交点には、ダンパ 3 2 が存在するので、図 6 に示すように、上層ダクト 1 5 - 1 ~ 1 5 - 6 を行方向の直線、中層ダクト 1 6 - 1 ~ 1 6 - 7 を列方向の直線で表し、各々の交点をダンパ 3 2 の位置を示す座標とする。

40

#### 【 0 0 4 1 】

この例の場合、1 行目の上層ダクト 1 5 - 1 と 1 列目の中層ダクト 1 6 - 1 との交点を座標 ( 1 , 1 )、1 行目の上層ダクト 1 5 - 1 と 2 列目の中層ダクト 1 6 - 2 との交点を座標 ( 1 , 2 )、1 行目の上層ダクト 1 5 - 1 と 3 列目の中層ダクト 1 6 - 3 との交点を座標 ( 1 , 3 )、1 行目の上層ダクト 1 5 - 1 と 4 列目の中層ダクト 1 6 - 4 との交点を座標 ( 1 , 4 )、...、1 行目の上層ダクト 1 5 - 1 と n 列目の中層ダクト 1 6 - n との交点を座標 ( 1 , n ) とした。

#### 【 0 0 4 2 】

また、2 行目の上層ダクト 1 5 - 2 と 1 列目の中層ダクト 1 6 - 1 との交点を座標 ( 2

50

、1)、2行目の上層ダクト15-2と2列目の中層ダクト16-2との交点を座標(2, 2)、2行目の上層ダクト15-2と3列目の中層ダクト16-3との交点を座標(2, 3)、2行目の上層ダクト15-2と4列目の中層ダクト16-4との交点を座標(2, 4)、...、2行目の上層ダクト15-2とn列目の中層ダクト16-nとの交点を座標(2, n)とした。この他、3行目～6行目の上層ダクト15-3～15-6においても同様に中層ダクト16-1～16-nとの交点をダンパ32の位置座標とする。各ダンパ32(記号DAで表す)に1行目のものから順に番号を付けると、i番目のダンパDA(i)の座標は( $x_i$ ,  $y_i$ )となる。

#### 【0043】

また、各空調機13-1～13-3の位置座標は、空調機13-1～13-3が上記の交点に位置すればその交点に定めるが、交点に位置しない場合は、空調機13-1～13-3に最も近い上層ダクト15-1～15-6と中層ダクト16-1～16-nとの交点を座標とする。本例では空調機13-1～13-3は3つであるが、これ以上存在する場合に空調機(記号AHで表す)に順に番号を付けると、j番目の空調機AH(j)の座標は( $X_j$ ,  $Y_j$ )となる。

10

#### 【0044】

次に、ステップS4において、空調系の要求風量の計算を行う。この計算は、まず、各ダンパ32における要求風量を計算し、これらを加算して空調系でのトータル要求風量を計算する。

例えば製造ラインにおける吹出し口の数10個などと決まっており、この個数分の風量が各ダンパ32の要求風量となる。1つのダンパDA(i)の要求風量 $Q_i$ は次式(1)で表される。

20

$$Q_i = k_i \times Q_{i\_max} \quad \dots (1)$$

但し、 $k_i$ :ダンパ開度係数、 $Q_{i\_max}$ :最大風量である。

#### 【0045】

ダンパ開度係数 $k_i$ と最大風量 $Q_{i\_max}$ との関係は、例えば10個の吹出し口の風量を賄うためにはダンパ開度を70%とする等の関係に繋がるものである。また、空調機から送風する場合、最も近い吹出し口に最大風量 $Q_{i\_max}$ で送風するのが最も効率が高く、遠くの吹出し口へ送風するのは効率が悪いことが分かっている。

1つのダンパDA(i)の要求風量 $Q_i$ を計算した後は、 $Q_{total} = Q_i$ により空調系でのトータル要求風量 $Q_{total}$ を計算する。

30

#### 【0046】

次に、ステップS5において、各空調機AH(j)における空調省エネ係数 $E_j$ を下式(2)より算出する。

空調省エネ係数 $E_j$ とは、複数の空調機を連携運転する際に極力省エネルギーにて運転するための指標となる係数であり、下式(3)で算出される空調機からダンパまでの距離(空調機ダンパ間距離) $P_{i,j}$ が小さいほど大きくなり、また、要求風量 $Q_i$ が大きいほど大きくなるものである。

#### 【0047】

$$E_j = (m \times a \times P_{min} / P_{i,j} + n \times b \times Q_i / Q_{max}) \quad \dots (2)$$

40

m:距離重み係数、n:風量重み係数。

$P_{min}$ は空調系の最小距離であり、 $P_{min} = \text{MIN}(P_{i,j})$ 。

$Q_{max}$ は空調系の最大風量であり、 $Q_{max} = \text{MAX}(Q_{i\_max})$ 。

a, b:補正係数(通常はa, b共に1に設定されている)。

$P_{i,j}$ は、空調機ダンパ間距離であり、AH(j)とDA(i)の空調機ダンパ間距離 $P_{i,j}$ は、次式(3)から求められる。

$$P_{i,j} = \text{ABS}(X_j - x_i) + \text{ABS}(Y_j - y_i) \quad \dots (3)$$

但し、ABS:絶対値を求める関数である。

#### 【0048】

また、m、nは、 $m + n = 1$ となるように設定され、それら係数の決め方はバランスを

50



考慮して決定される。この理由を説明する。要求風量  $Q_i$  と空調機ダンパ間距離  $P_{i,j}$  との関係は  $1:1$  だが、実際はダクトの空気漏れなどのロス等が原因となり必ずしもそうでない。そこで、その誤差を調整するための風量  $Q_i$  と距離  $P_{i,j}$  とにおける係数  $m$ 、 $n$  が必要となる。

#### 【0049】

次に、ステップ S6 において、各空調機を運転する際の優先順位を空調機毎に付ける。これは、上述のように算出された空調省エネ係数  $E_j$  が大きいほど優先順位が高くなるように優先順位を付ける。空調省エネ係数  $E_j$  が同じものは空調能力の小さいものを高優先順位とする。

次に、ステップ S7 において、空調エリア決定済みのトータル要求風量  $Q_{total}$  を供給可能な複数の空調機 13-1 ~ 13-3 の制御条件を決定する。これは、トータル要求風量  $Q_{total}$  が供給できるように複数の空調機 13-1 ~ 13-3 を同時に運転する場合、所定の静圧を保ちながら連携運転するための制御条件である。

#### 【0050】

更に説明すると、インバータ制御で何パーセント運転した時に必要な静圧 - 風量となるかは空調機毎に予め分かっているので、必要な静圧 - 風量となるパラメータに応じて（必要な静圧 - 風量となるように）各空調機をインバータ制御する。

風量と動力との関係は 3 乗の関係にある。動力を下げるためには風量を落した方が良く、風量を落として複数台で送風した方が効率が良い。つまり、ある風量を 1 台で賄うよりも複数台で賄った方が効率が良い。従来は例えば 5 台全てを運転してインバータ制御しているが、これを 3 台運転するようにして効率アップを図るようするには、どのような制御条件で何台運転すればよいか決定する。

#### 【0051】

その制御条件を決定する場合、まず、各空調機 13-1 ~ 13-3 のファンの静圧 - 風量の関数を決定する。この決定に際しては、空調機ファンの仕様上の静圧 - 風量の関数を参考にし、空調機の経年劣化及びその他条件を加味しながら関数及び各種パラメータを決定し、これを空調機ファンの静圧 - 風量関数と定義する。この静圧 - 風量関数の設定に際しては、実機における静圧 - 風量の実験によるデータも加味したものとする。

#### 【0052】

次に、上記の優先順位 1 及び 2 の例えば空調機 13-1, 13-2 について静圧を均衡させながら供給できる風量を  $Q_{supply}$  とし、静圧の高い値から順に  $Q_{total} < Q_{supply}$  となる条件を導き出す。但し、空調機の最低周波数まで計算しても風量が満たされない場合には、次の優先度 3、4、... の空調機を 1 台ずつ順々に条件にいれながら解が得られるまで計算を繰り返す。最終的に得られた解を制御条件とする。

#### 【0053】

換言すると、空調省エネ係数  $E_j$  が大きい上位 2 台の空調機 13-1, 13-2 の静圧を均衡させた際のトータル供給風量  $Q_{supply}$  が、要求ダクト系統全体の必要風量であるトータル要求風量  $Q_{total}$  を賄えれば、それら空調機 13-1, 13-2 を使用する。また、トータル要求風量  $Q_{total}$  を賄えなければ、3 台目、4 台目、... を使用してゆく。

なお、トータル要求風量  $Q_{total}$  を賄えない場合に、各空調機の静圧を賄えるまで下げてもよい。これでも賄えなければ、上記の通り 3 台目、4 台目、... を使用する。

#### 【0054】

次に、ステップ S8 において、上記決定された制御条件によって複数の空調機 13-1, 13-2 を運転した場合のエネルギー消費量を、シミュレーションにより予測する。

また、ステップ S9 において、上記決定された制御条件によって複数の空調機 13-1, 13-2 を実際に運転する。この時のエネルギー消費量を測定する。

#### 【0055】

そして、ステップ S10 において、上記の予測エネルギー消費量と実エネルギー消費量とを比較し、ニューラルネットワーク等の演算処理装置を用いてエネルギーの予測値と実

10

20

30

40

50

測値との差を、空調省エネ係数  $E_j$  の式 (2) における係数  $a$  ,  $b$  の補正に反映させる。これによって、より適正な空調省エネ係数  $E_j$  を得ることが可能となる。

また、実際の複数の空調機 13 - 1 , 13 - 2 の連携運転制御は、上記ステップ S 1 ~ S 10 の処理ループにおいて空調省エネ係数  $E_j$  が収束した時点で、この  $E_j$  を用いてステップ S 9 の実運転を行うようにする。

【0056】

以上説明したように本実施の形態の空調システム 10 によれば、工場 11 の吹出し場所変更に伴うダクト系統変更にかかるコストを低減することができ、また、空調対象となる全領域の最適な省エネルギー化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0057】

【図1】本発明の実施の形態に係る空調システムの構成を示す図である。

【図2】上記実施の形態の空調システムにおける蒸発器のフィン部の構成を示し、(a) は平面図、(b) は側面図である。

【図3】上記実施の形態の空調システムにおける工場の外に配置された構成設備を示す図である。

【図4】上記実施の形態の空調システムにおいて各蒸発器への流入液体窒素がバルブ切替選択制御の場合の構成を示す図である。

【図5】上記実施の形態の空調システムにおけるマトリクス空調ダクトの構造を示す斜視図である。

20

【図6】空調系の座標グリッドを示す図である。

【図7】上記実施の形態の空調システムにおける複数の空調機の連携運転制御を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

【0058】

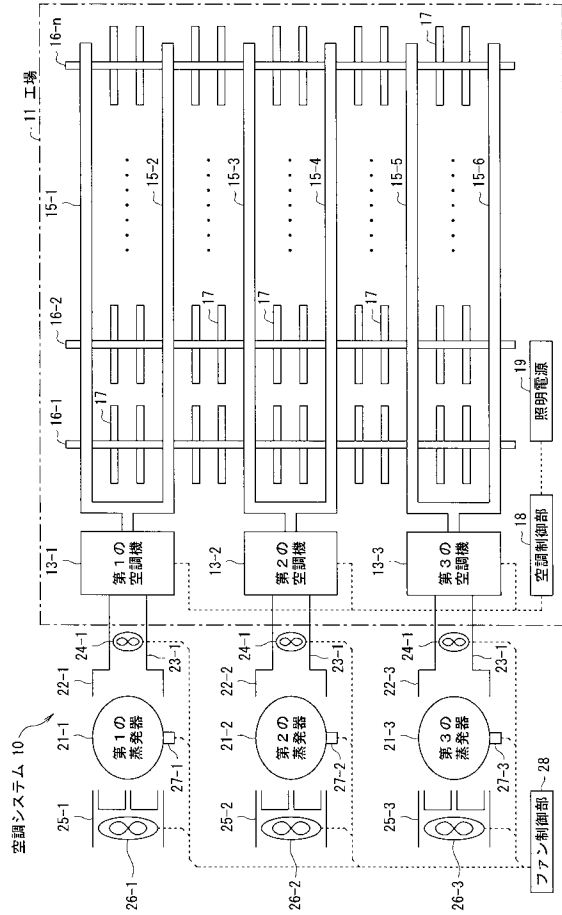
- 10 空調システム
- 11 工場
- 13 - 1 ~ 13 - 3 空調機
- 15 - 1 ~ 15 - 6 上層ダクト
- 16 - 1 ~ 16 - n 中層ダクト
- 17 下層ダクト
- 18 空調制御部
- 19 照明電源
- 21 - 1 ~ 21 - 3 蒸発器
- 21 a フィン
- 21 b 台座
- 21 c , 36 , 38 配管
- 22 - 1 ~ 22 - 3 フード
- 23 - 1 ~ 23 - 3 ダクト
- 24 - 1 ~ 24 - 3 吸込ファン
- 25 - 1 ~ 25 - 3 ノズル装置
- 26 - 1 ~ 26 - 3 押込ファン
- 27 - 1 ~ 27 - 3 温度センサ
- 28 ファン制御部
- 31 接続ダクト
- 32 ダンパ
- 34 選択バルブ
- 35 バルブ切替制御部
- 37 流水制御装置
- 38 a ノズル

30

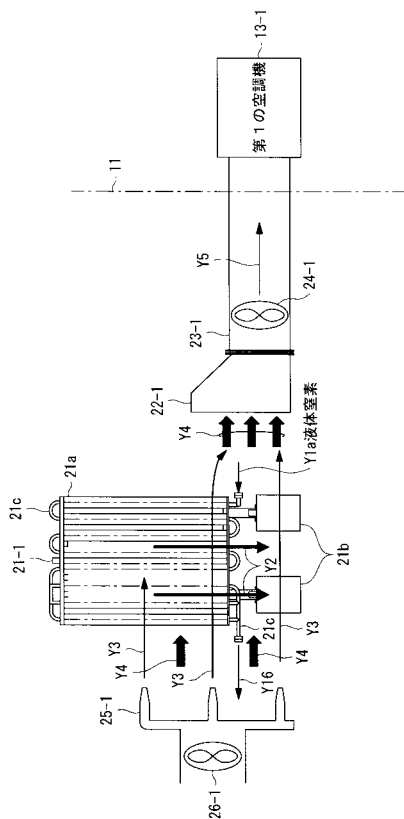
40

50

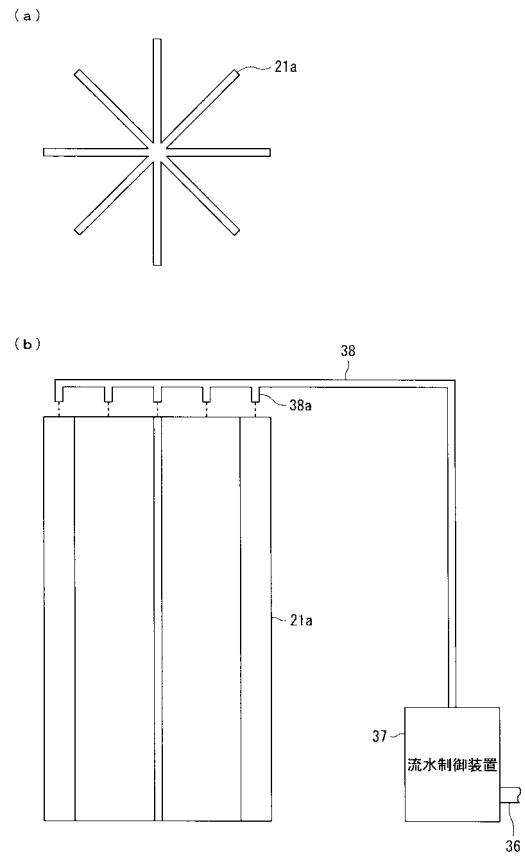
【図 1】



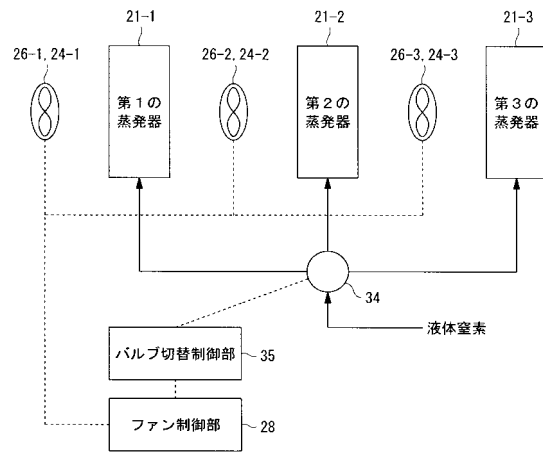
【図 3】



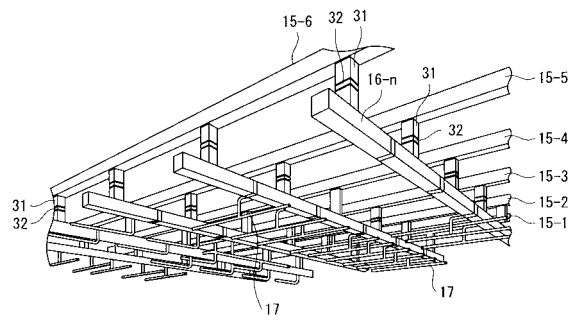
【図 2】



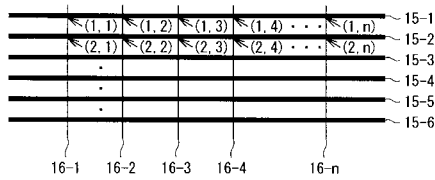
【図 4】



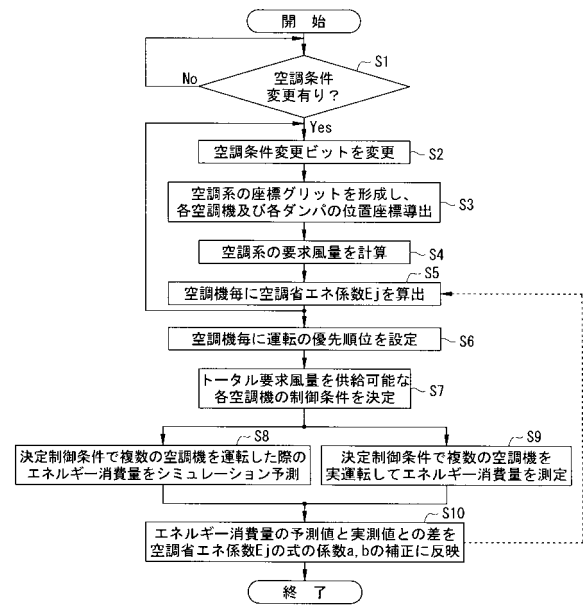
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 川崎 直史  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 白井 英登  
東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機システムズ株式会社内
- (72)発明者 佐伯 秀樹  
東京都品川区大崎一丁目11番2号 富士電機システムズ株式会社内
- (72)発明者 伊藤 靖幸  
東京都中央区八丁堀二丁目20番8号 富士電機総設株式会社内

審査官 後藤 健志

- (56)参考文献 特表2003-501610(JP,A)  
特開平08-285323(JP,A)  
特開平03-177744(JP,A)  
特開平09-159327(JP,A)  
特開昭51-145157(JP,A)  
特開昭54-142854(JP,A)  
特開2000-227246(JP,A)  
実開昭57-042390(JP,U)  
実開昭50-066349(JP,U)  
実開昭60-128240(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| F 2 4 F | 3 / 0 0   |
| F 2 4 F | 1 1 / 0 4 |
| F 2 4 F | 1 3 / 0 2 |