

明 細 書

発明の名称：サーバ室管理用の空調システム

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、サーバ室管理用の空調システムに関する。

背景技術

[0002] 一般に、サーバ室管理用の空調制御装置においては、一般的なビル向けなどと同様の仕組みを持つことをベースとした温湿度調整による空調が行われており、情報機器周辺の気流の最適化などで省エネの向上を図ることが広く行われている。

[0003] 近年はインターネットの普及等により情報量が増加したことにより、このようなサーバ室を設けたデータセンタが増設されており、これらの設備の省エネ性能の向上が広く問題になってきている。

[0004] データセンタのように空調すべき対象の負荷が情報機器である場合は、負荷のほとんどが顕熱負荷である、設定温湿度が一定範囲であればよい、負荷でCO₂が発生しないのでCO₂濃度上昇防止のための換気が不要である、など一般ビル向けの空調制御とは異なる特徴がある。

[0005] そこでデータセンター内をサーバへの給気側の空間（コールドエリア）と排気側の空間（ホットエリア）との2つの空間に区分けして構成し、サーバ室の室内からの還気を取り込んで温度制御を行い、再びこの室内に供給するように空気を循環させて空調を行う技術がある。

[0006] このように構成することにより、室内エリアの温度勾配を少なくするとともに給気温度のばらつきを少なくして省エネ効果が高く、効率の良い空調制御を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第4503083号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、上述したようにサーバ室からの還気を取り込んで循環させながら空調を行う場合でも、稼働中に間隙から絶対湿度の高い外気が混入したり、一時的に内部に室内に人が滞在して呼気から水蒸気が発生したりすることがあり、空調制御対象のサーバ室の絶対湿度が上昇してしまうことがある。

[0009] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、制御対象のサーバ室内の還気を空調して再度室内に供給するように空気を循環させて空調制御を実行する際に、サーバ室内を適切な湿度に保つように制御するサーバ室管理用の空調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

[0010] 上記目的を達成するための実施形態によれば、サーバ室管理用の空調システムは、第1コイルと第2コイルと給気ファンとを備える。第1コイルは、サーバ室の還気を給気温度目標値よりも低い所定温度値に調整し除湿を行う。第2コイルは、第1コイルと同一エリア内に設置され、サーバ室の還気を、第1コイルで調整された空気と混同したときに給気温度目標値および給気湿度目標値になるように、給気温度目標値よりも高い所定温度値に調整する。給気ファンは、第1コイルで調整された還気と、第2コイルで調整された還気とを、混合して給気としてサーバ室に供給する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態による空調システムの構成を示す全体図である。

[図2]第1実施形態による空調システムの冷却コイル群および室外機の構成を示す説明図である。

[図3]第1実施形態～第4実施形態による空調システムを用いる際の外気の状態を分類するための空気線図である。

[図4]従来の空調システムにおいてオール循環モードで空調を行う場合の還気温度と給気温度との関係を示すグラフである。

[図5]従来の空調システムにおいてオール循環モードで空調を行い外気が混入した場合の還気温度と給気温度との関係を示すグラフである。

[図6]第1実施形態～第4実施形態による空調システムにおいて湿度制御と温度制御により空調を行う場合の還気温度と給気温度との関係を示すグラフである。

[図7]第2実施形態による空調システムの冷却コイル群および室外機の構成を示す説明図である。

[図8]第2実施形態による空調システムの制御装置の構成を示すブロック図である。

[図9]第2実施形態による空調システムが稼働したときの、(a)給気絶対湿度値の変化、(b)給気温度値の変化、(c)湿度制御のON/OFF切り替え状態を示すグラフである。

[図10]第3実施形態による空調システムの制御装置の構成を示すブロック図である。

[図11]第3実施形態による空調システムが稼働したときの、(a)給気絶対湿度値の変化、(b)給気温度値の変化を示すグラフである。

[図12]第4実施形態による空調システムの制御装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 《第1実施形態》

〈第1実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの構成〉

本発明の第1実施形態によるサーバ室管理用の空調システム1Aの構成について、図1を参照して説明する。

[0013] 本実施形態による空調システム1Aは、データセンター等のサーバ室10の空調を行う。サーバ室10内は、第1の空間としてのコールドエリア12と、第2の空間としてのホットエリア13とに分離されており、このコールドエリア12とホットエリア13との間に複数のサーバ（図示せず）が収納されたサーバラック11が設置されている。

[0014] そして、このサーバラック11に収納されたサーバ内のファン（図示せず）の稼働により、矢印aで示すように、室内機20からコールドエリア12

に供給された冷気がサーバラック 11 のサーバに吸入され、サーバの発熱により加熱された還気としてホットエリア 13 に流出するように気流が発生する。そして、サーバでは発生する熱が吸入された冷気により冷却されて正常に稼働可能となる。

[0015] 空調システム 1A は、室内機 20 と、室外機群 40 とを有する。

[0016] 室内機 20 は、サーバ室 10 のホットエリア 13 に接続された還気導入エリア 20A とコールドエリア 12 に接続された給気冷却エリア 20B とを有し、還気導入エリア 20A には排気用ダンパ 21 が設置され、還気導入エリア 20A と給気冷却エリア 20B との間には還気導入用ダンパ 22 が設置され、給気冷却エリア 20B には外気導入用ダンパ 23 と、冷氣生成装置としての冷却コイル群 24、加湿器 25、および給気ファン 26 とが設置されている。

[0017] 排気用ダンパ 21 は、サーバ室 10 のホットエリア 13 から還気導入エリア 20A に流入し外部に排出する還気量を、開度により調整する。

[0018] 還気導入用ダンパ 22 は、還気導入エリア 20A から給気冷却エリア 20B 内に導入する還気量を、開度により調整する。

[0019] 外気導入用ダンパ 23 は、外部から給気冷却エリア 20B 内に導入する外気量を、開度により調整する。

[0020] 冷却コイル群 24 は、複数の冷却コイルで構成され、外気導入用ダンパ 23 が開状態にされたときに導入される外気、および還気導入用ダンパ 22 が開状態にされたときに還気導入エリア 20A から導入される還気を、必要に応じて冷却して冷氣を生成する。

[0021] 加湿器 25 は、導入された外気および還気を、必要に応じて加湿する。

[0022] 給気ファン 26 は、冷却コイル群 24 により必要に応じて冷却されるとともに加湿器 25 により必要に応じて加湿されて生成された冷氣を、給気としてサーバ室 10 内のコールドエリア 12 に流入させる。

[0023] また、還気導入エリア 20A 内には、ホットエリア 13 から流入した還気温度を計測する還気温度計 31 が設置され、室内機 20 の外側には外気温度

を計測する外気温度計 3 2 および外気湿度を計測する外気湿度計 3 3 が設置され、給気冷却エリア 2 0 B 内の給気ファン 2 6 の下流にはサーバ室 1 0 のコールドエリア 1 2 に流入させる給気温度を計測する給気温度計 3 4 および給気湿度を計測する給気湿度計 3 5 が設置されている。

[0024] 室外機群 4 0 は、複数の室外機で構成されて冷却コイル群 2 4 の複数の冷却コイルにそれぞれ接続され、各冷却コイルで冷気を生成する際に利用される冷媒を供給する。

[0025] 冷却コイル群 2 4 と、室外機 4 0 との詳細な構成について、図 2 を参照して説明する。本実施形態においては冷却コイル群 2 4 が 4 台の冷却コイル 2 4 A ~ 2 4 D で構成され、室外機群 4 0 が 4 台の室外機 4 0 A ~ 4 0 D で構成され、それぞれ 1 対 1 で冷却コイルと室外機とがダクトで接続されているものとする。冷却コイル 2 4 A ~ 2 4 D は、給気冷却エリア 2 0 B 内に設置されている。なお、取り込んだ還気の流れ方向に対して 9 0 度の方向に縦に重ならないように設置することが好適であるが、9 0 度に限る必要はない。

[0026] <第 1 実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの動作>

次に、本実施形態によるサーバ室管理用の空調システム 1 A の動作について説明する。

[0027] 本実施形態における空調システム 1 A では、サーバラック 1 1 に設置されたサーバを適切に冷却するために、(1) サーバ内のファンが吸い込む冷気(室内機 2 0 からサーバ室 1 0 へ供給される給気)が所定条件を満たし、且つ、(2) サーバ内のファンが確実にコールドエリアの冷気を吸い込んでホットエリアに吹き出すように動作させるものとする。

[0028] このうち、(1) の給気の状態は、設置するサーバの要求に応じて定められるが、本実施形態においてはサーバ室 1 0 への給気温度および給気湿度として、米国暖房冷凍空調学会 (A S H R A E ; American Society of Heating , Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) の規定または、これに類する規定に従って、温度 : 18 ~ 27℃、絶対湿度 0.0056 ~ 0.0107kg/kg 且つ相対湿度 60% 以下とする条件が設定されているものとする。

[0029] このように給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲が設定されている場合、現在の外気が、図3に示すように分割された空気線図上のどの領域に該当するかにより状態が判定される。空気線図は、線図上に温度、絶対/相対湿度、エンタルピーなどから湿り空気の状態が分かるようにした線図のことである。

[0030] 図3の空気線図では、相対湿度100%（飽和状態）以下の空気の状態が、上述した給気温度目標範囲および給気湿度目標範囲で示される値と、この給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲に該当する範囲の空気状態に対応するエンタルピーの上限値および下限値とに基づいて、以下に示す5つの空気状態範囲を示す領域I～Vに分割されている。本実施形態において、上述した給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲に対応するエンタルピー上限値は50kJ/kg(DA)であり、エンタルピー下限値は35kJ/kg(DA)であるものとする。

[0031] ー領域I（第1の空気状態範囲）：

領域Iは、給気温度目標範囲、且つ目標とする給気絶対湿度範囲、且つ給気相対湿度範囲と同様の範囲、つまり空気線図上において下記式（1）を満たす範囲である。

[0032] [数1]

（温度18度以上27度以下）

$\cap$ （絶対湿度0.0056 kg/kg(DA)以上0.0107 kg/kg(DA)以下）

$\cap$ （相対湿度60%以下） 式（1）

ー領域II（第2の空気状態範囲）：

領域IIは、目標とする給気絶対湿度範囲の下限値未満であり、且つ目標とする範囲におけるエンタルピー下限値未満の範囲、つまり空気線図上において下記式（2）を満たす範囲である。

[0033] [数2]

（絶対湿度0.0056 kg/kg(DA)未満）

$\cap$ （比エンタルピー35kJ/kg(DA)未満） 式（2）

ー領域III（第3の空気状態範囲）：

領域IIIは、目標とする給気絶対湿度の範囲内であり、且つ、目標とする給気温度範囲の下限值未満または目標とする給気相対湿度の上限値以上の範囲、つまり空気線上において下記式（３）を満たす範囲である。

[0034] [数３]

（絶対湿度0.0056 kg/kg(DA)以上0.0107 kg/kg(DA)以下）

$\cap \{ (\text{温度}18\text{度未満}) \cup (\text{相対湿度}60\%\text{以上}) \}$ 式（３）

ー領域IV（第４の空気状態範囲）：

領域IVは、目標とする給気温度および給気湿度の範囲に対応するエンタルピー範囲内であり、且つ、目標とする給気絶対湿度範囲の下限值未満または目標とする給気温度範囲の上限値を超える範囲、つまり空気線上において下記（４）を満たす範囲である。

[0035] [数４]

（比エンタルピー35kJ/kg(DA)以上比エンタルピー50kJ/kg(DA)以下）

$\cap \{ (\text{絶対湿度}0.0056 \text{ kg/kg(DA)未満}) \cup (\text{温度}27\text{度超}) \}$ 式（４）

ー領域V（第５の空気状態範囲）：

領域Vは、上記の領域I～IV以外の範囲である。

[0036] 現在の外気の状態がこれらの領域I～IVのうちいずれの領域に該当するかが判定されると、それぞれ領域ごとに以下のように空調制御内容を設定することができる。この設定内容は、空調制御対象となるのはサーバ室１０内のサーバから発生する熱による顕熱負荷であり、人の呼気等による潜熱負荷は発生しないものと仮定し、還気湿度値は、給気湿度計３５で計測される給気湿度計測値と同一であるものとして決定される。

[0037] ー領域Iに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域Iの範囲内にあるときは、上述した給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲に該当し、外気をそのまま給気とすることが可能である。このため、排気用ダンパ２１を全開にし、還気導入用ダンパ２２を閉じ、外気導入用ダンパ２３を全開にすることで、外気導入比率が100%になるように制御内容が決定される。またこのときは、加湿器２５による加湿処理

、および冷却コイル群 24 による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0038] 一領域 II に該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域 II の範囲内にあるときは、外気に還気を混合すること、外気温度を加温するとともに加湿を行うように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンプ 21、還気導入用ダンプ 22、および外気導入用ダンプ 23 の開度が外気導入比率に応じて 0~100% の間で調整されるときに、加湿器 25 により必要量の加湿が行われるように制御内容が決定される。

[0039] このとき外気導入比率の目標値 α は、混合後の空気が、給気温度目標範囲且つ給気湿度目標範囲内で予め設定された給気温度目標値になるように、外気温度計測値および還気温度計測値により調整される。

[0040] このようにして外気導入比率が調整されて外気と還気とが混合された空気の絶対湿度値 X は、外気絶対湿度計測値 X_0 、還気絶対湿度計測値 X_r 、外気導入比率目標値 α を用いると、下記式 (5) のように表される。

[0041] [数 5]

$$X = X_0 \times \alpha + X_r \times (1 - \alpha) \quad \text{式 (5)}$$

このため混合された空気を、目標とする温湿度状態の給気にするには、給気絶対湿度目標値 X_{s0} との差分である $X_{s0} - X$ 分の加湿が必要である。この差分の湿度値を上げるための必要加湿量は、給気流量 F_s を用いると $F_s \times (X_{s0} - X)$ となり、この必要加湿量が供給されるように加湿器の水量を制御するため (図示せず) の制御内容が決定される。このとき、冷却コイル群 24 による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0042] なお、外気と還気とを混合後に加湿を行う際の必要加湿量は上記のように決定されるが、還気をあらかじめ絶対湿度目標値 $\{X_r + (X - X_{s0}) / (1 - \alpha)\}$ になるように加湿しておくことで、混合後の加湿を不要にすることも可能である。

[0043] この場合、外気導入比率目標値 α は、外気温度計測値 T_0 、加湿後の還気温度値 T_{r2} 、給気温度目標値 T_{s0} とすると、下記式 (6) で表される。

[0044] [数 6]

$$\alpha = (Tr2 - Ts0)/(Tr2 - To) \times 100(\%) \quad \text{式 (6)}$$

ー領域IIIに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域IIIの範囲内にあるときは、外気に還気を混合することで外気温度を加温するように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンパ2 1、還気導入用ダンパ2 2、および外気導入用ダンパ2 3の開度が外気導入比率に応じて0～100%の間で調整されるように制御内容が決定される。

[0045] この場合、外気導入比率目標値 α は外気温度計測値 To 、還気温度計測値 Tr 、給気温度目標値 $Ts0$ とすると、下記式(7)で表される。

[0046] [数 7]

$$\alpha = (Tr - Ts0)/(Tr - To) \times 100(\%) \quad \text{式 (7)}$$

このとき、加湿器2 5による加湿処理、および冷却コイル群2 4による混合した空気の冷却処理は行われない。

[0047] ー領域IVに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域IVの範囲内にあるときは、外気に加湿を行うように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンパ2 1を全開にし、還気導入用ダンパ2 2を閉じ、外気導入用ダンパ2 3を全開にすることで、外気導入比率が100%にされるとともに、加湿器2 5により必要量の加湿が行われるように制御内容が決定される。

[0048] この場合、外気絶対湿度計測値 Xo 、給気湿度目標値 $Xs0$ とすると、必要加湿量は $Xs0 - Xo$ である。このとき、加湿に伴って外気温度が To から T に低下する。給気温度目標値 $Ts0$ が T より低い場合は、外気が給気温度目標値になるように冷却コイル群2 4により冷却処理が行われるように制御される。

[0049] ー領域Vに該当する場合の空調制御内容：

現在の外気の状態が領域Vの範囲内にあるときは、還気を冷却するように制御内容が決定される。具体的には、排気用ダンパ2 1を閉じ、還気導入用ダンパ2 2を全開にし、外気導入用ダンパ2 3を閉じることで、外気導入比率

が0%にされるとともに、冷却コイル群24により冷却、除湿処理が行われるように制御内容が決定される。このとき、加湿器25による加湿処理は行われない。

[0050] 上述したように空調制御内容が設定されると、これに基づいて排気用ダンパ21、還気導入用ダンパ22、および外気導入用ダンパ23の開度、加湿器25、冷却コイル群24の制御量、給気ファン26の回転数が制御され、目標とする範囲内の給気温度値および給気湿度値の給気が制御され、適切な空調が行われる。

[0051] 上述したような空調制御のうち、現在の外気の状態が領域Vの範囲にあると判定され、外気が導入されずすべて還気により給気が生成されることでサーバ室10の空調が行われる際（以下、「オール循環モード」という。）は、サーバ室10のホットエリア13の還気（RA）が還気導入エリア20Aに導入され、還気導入用ダンパ22が開状態にされることにより給気冷却エリア20Bに取り込まれ、冷却コイル群24による冷却、加湿器25による加湿が必要に応じて行われて給気ファン26によりサーバ室10のコールドエリア12に給気（SA）として供給される。

[0052] このとき、サーバ室10では顕熱負荷は発生するが潜熱負荷は発生しないため、図4に示すように、サーバ室10からの還気（RA）とサーバ室10への給気（SA）は絶対湿度値が同一で温度値のみが異なることになる。

[0053] しかし実際には、外気導入用ダンパ23やコールドエリア12、ホットエリア13の間隙などから湿度の高い外気が混入したり、一時的に内部に室内に人が滞在して呼気から水蒸気が発生するなどの想定外の事象により、空調制御対象のサーバ室の絶対湿度が上昇してしまうことがある。

[0054] この場合、図5に示すように、サーバ室10に供給した給気（SA）よりも高い湿度の還気（RA'）が室内機20で取得され、この還気により生成された給気（SA'）もオール循環モード下では湿度の高い空気となってしまう。

[0055] このような状態が繰り返されることにより、サーバ室10からの還気、サ

サーバ室 10 への給気が徐々に上昇して適正な給気湿度目標範囲から外れてしまうのを防ぐため、予め間隙などからの湿度の高い外気が混入や、一時的な管理人の入室などにより上昇するサーバ室 10 内の絶対湿度値の上昇分を予測し、これに対応して、給気冷却エリフ 20 B 内に設置された冷却コイル群 24 の冷却コイル 24 A ~ 24 D を、湿度調整用として動作させるものと温度調整用として動作させるものとに分けて設定する。

[0056] 本実施形態においては、図 2 に示す冷却コイル群 24 のうち冷却コイル 24 A を湿度調整用の第 1 コイルとして動作するように設定し、還気導入エリフ 20 A から取り込まれた湿度が高くなった還気 (R A') を、図 6 に示すように給気湿度目標値 (S A) よりも低い除湿可能な温度にまで下げた給気 (S A 1) を調整する。室外機 40 A は、冷却コイル 24 A において、還気 (R A') の温度から給気 (S A 1) の温度にまで下げる空調を行うための温度、量の冷媒を供給する。

[0057] また、冷却コイル群 24 のうち冷却コイル 24 B ~ 24 D の 3 台が温度調整用の第 2 コイルとして動作するように設定し、還気導入エリフ 20 A から取り込まれた還気 (R A') を、図 6 に示すように給気湿度目標値 (S A) よりも高い温度にまで下げた給気 (S A 2) を調整する。この S A 2 の温度は、冷却コイル 24 A で調整された空気と、冷却コイル 24 B ~ 24 D で調整された空気とを混同したときに給気湿度目標値および給気湿度目標値になるように決定された値である。室外機 40 B ~ 40 D は、冷却コイル 24 B ~ 24 D において、還気 (R A') の温度から給気 (S A 2) の温度にまで下げる空調を行うための温度、量の冷媒を供給する。これらの冷却コイル 24 B ~ 24 D では湿度調整は行われない。

[0058] このように還気の流れに対して冷却コイル 24 A ~ 24 D により、取り込まれた還気の湿度調整、温度調整が行われると、各冷却コイル 24 A ~ 24 D で調整済みの給気が給気冷却エリフ 20 B 内で自然に混合され、給気湿度目標値および給気湿度目標値の給気 (S A) が得られ、給気フアン 26 によりサーバ室 10 のコールドエリフ 12 に供給される。

[0059] 以上の本実施形態によれば、サーバ室の空調制御がオール循環モードで行われる際に、想定外の事象によるサーバ室の絶対湿度の上昇分が予め予測できる場合に、これに応じて台数および制御量が決定された湿度制御用の冷却コイルと温度制御用の冷却コイルとを同一空間である給気冷却エリアに設置することにより、サーバ室へ目標温度値、目標湿度値の給気を供給することができる。

[0060] 《第2実施形態》

〈第2実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの構成〉

本発明の第2実施形態によるサーバ室管理用の空調システム1Bの構成について、図7を参照して説明する。

[0061] 本実施形態による空調システム1Bは、図7に示すように制御装置50Bを有する他は、第1実施形態による空調システム1Aと同様の構成を有するため、同一機能を有する装置に関しては詳細な説明は省略する。

[0062] 制御装置50Bは、図8に示すように、閾値情報記憶部501と、給気湿度計測値取得部502と、判定部503と、制御信号送信部504とを有する。

[0063] 閾値情報記憶部501は、湿度制御を実行するか否かを判定するための給気湿度計測値の上限閾値（例えば領域Iの湿度範囲の上限値である「絶対湿度0.0107kg/kg」）および下限閾値（例えば領域Iの湿度範囲の下限値である「絶対湿度0.0056 kg/kg」）の情報を記憶する。

[0064] 給気湿度計測値取得部502は、給気湿度計35で計測された給気湿度計測値を取得する。

[0065] 判定部503は、給気湿度計測値取得部502で取得された給気湿度計測値が、閾値情報記憶部501に記憶された上限閾値と下限閾値との間の範囲にあるか否かを判定する。

[0066] 制御信号送信部504は、判定部503において給気湿度計測値が上限閾値を超えていると判定された場合に、第1コイルとして設定された冷却コイル24AをON状態とし、対応する室外機40Aに対し稼働を開始させるた

めの制御信号を送信し湿度制御を実行させる。また制御信号送信部504は、取得した給気湿度計測値が予め設定された下限閾値を下回った場合に、第1コイルとして設定された冷却コイル24AをOFF状態とし、対応する室外機40Aに対し稼働を停止させるための制御信号を送信し湿度制御を停止させる。

[0067] <第2実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの動作>

次に、本実施形態によるサーバ室管理用の空調システム1Bの動作について説明する。

[0068] 本実施形態において空調システム1Bが稼働すると、制御装置50Bの給気湿度計測値取得部502において給気湿度計35で計測された給気湿度計測値が取得される。

[0069] 次に判定部503において、給気湿度計測値取得部502で取得された給気湿度計測値が、閾値情報記憶部501に記憶された上限閾値と下限閾値との間の範囲にあるか否かが判定され、判定の結果、取得された給気湿度計測値が予め閾値情報記憶部に記憶された上限閾値を超えたと判定された場合は冷却コイル24AをON状態にし、記憶された下限閾値を下回ったと判定された場合は冷却コイル24AをOFF状態にすることが決定される。

[0070] 判定部503において冷却コイル24AをON状態にすることが決定されたときには、冷却コイル24Aに対応する室外機40Aの稼働を開始させるための制御信号が制御信号送信部504から室外機40Aに送信され、冷却コイル24AをOFF状態にすることが決定されたときには、室外機40Aの稼働を停止させるための制御信号が制御信号送信部504から室外機40Aに送信される。

[0071] このように室外機40Aの動作が制御され、これにより冷却コイル24AのON/OFFが制御されたときの、(a)給気絶対湿度値の変化と、(b)給気温度値の変化と、(c)湿度制御のON/OFF切り替え状態との関係を、図9に示す。

[0072] 図9に示すように、まず計測を開始してから給気湿度計測値が上限閾値に

達するまでの間（時刻 $t_0 \sim t_1$ の間）はサーバ室10の還気の絶対湿度が上限閾値と下限閾値との間の適正な範囲にあり、湿度制御はOFF状態であり制御装置50の制御により室外機40Aは稼働が停止されている。このとき、サーバ室10から取得した還気の空調制御は、第2コイルである冷却コイル24B～24Dで給気温度計34から取得した給気温度計測値に基づいて温度制御のみが実行され、目標温度範囲（例えば領域Iの温度範囲である「温度18度以上27度以下」）内の温度（ T_{sa1} ）の給気が生成される。

[0073] 次に、空調制御中に間隙からの外気の混入等により給気湿度計測値が上昇し上限閾値に達すると（時刻 t_1 ）、制御装置50により湿度制御がON状態に移行することが決定されて室外機40Aの稼働させるための制御信号が送信される。そして、この制御信号により室外機40Aが稼働され、冷却コイル24Aへの所定温度、量の冷媒の供給が開始される。

[0074] 湿度制御がON状態に移行した後、給気湿度計測値が下限閾値に達するまでの間（時刻 $t_1 \sim t_2$ の間）は湿度制御が継続して実行され、第1実施形態で説明した場合と同様に、冷却コイル24Aでは給気温度目標値よりも低い温度（ T_{sa1}' ）の給気が調整され、冷却コイル24B～24Dでは給気温度目標値よりも高い温度（ T_{sa2} ）の給気が調整されるように、制御装置50により室外機40A～40Dが制御される。

[0075] このように湿度制御が開始されることにより、給気湿度計測値が下がり始める。また、冷却コイル24Aで調整される給気は低温（ T_{sa1}' ）であるため、サーバ室10に供給される給気はこの低温の給気の影響を受けて目標温度範囲内で温度が下がる。具体的には、湿度制御を行う冷却コイル24Aが1台であるのに対し、温度制御を行う冷却コイル24B～24Dが3台であり、サーバ室10に供給される給気の温度（ T_{sa} ）は下記式（8）で表される。

[0076] [数8]

$$T_{sa} = 0.25 \times T_{sa1}' + 0.75 \times T_{sa2} \quad (8)$$

次に、湿度制御が継続して実行されたことにより給気湿度計測値が下限閾

値に達すると（時刻t2）、制御装置50により湿度制御がOFF状態に移行することが決定されて室外機40Aの稼働を停止するための制御信号が送信される。そして、室外機40Aの動作が停止される。

[0077] その後また外気の混入等により給気湿度計測値が上限閾値に達すると（時刻t3）、制御装置50により湿度制御がON状態に移行することが決定され、同様に処理が繰り返される。

[0078] 以上の本実施形態によれば、空調制御対象のサーバ室の給気温度計測値と給気湿度計測値とに基づいて給気温度、給気湿度が目標範囲内に収まるように各冷却コイルによる還気の冷却量が決定されるため、想定外に上昇するサーバ室の湿度量の変動にも対応することができ、さらに高い精度でサーバ室へ目標温度値、目標湿度値の給気を供給することができる。

[0079] 《第3実施形態》

〈第3実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの構成〉

本発明の第3実施形態によるサーバ室管理用の空調システム1Cの構成は、図7に示すように制御装置50Cを有する他は、第1実施形態による空調システム1Aと同様の構成を有するため、同一機能を有する装置に関しては詳細な説明は省略する。

[0080] 制御装置50Cは、冷却コイル群24をPID制御するものであり、図10に示すように湿度制御テーブル記憶部505と、給気湿度計測値取得部502と、差分算出部506と、冷却量取得部507と、湿度PID制御部508と、温度制御テーブル記憶部509と、給気温度計測値取得部510と、差分算出部511と、冷却量取得部512と、温度PID制御部513とを有する。

[0081] 湿度制御テーブル記憶部505は、給気湿度目標値と給気湿度計測値との差分ごとの、湿度制御のための冷却コイルにおける還気の冷却量を示す湿度制御テーブルを予め記憶する。

[0082] 給気湿度計測値取得部502は、給気湿度計35で計測された給気湿度計測値を取得する。

- [0083] 差分算出部506は、予め設定された給気湿度目標値と、給気湿度計測値取得部502で取得された給気湿度計測値との差分を算出する。
- [0084] 冷却量取得部507は、湿度制御テーブル記憶部505に予め保持された湿度制御テーブルに基づいて、差分算出部506で算出された差分に対応する湿度制御のための還気の冷却量を取得する。
- [0085] 湿度PID制御部508は、冷却量取得部507で取得された湿度制御のための還気の冷却量に基づいて、当該制御に必要な冷媒の温度、量を決定し、これにより室外機40Aの動作を制御する。
- [0086] 温度制御テーブル記憶部509は、給気温度目標値と給気温度計測値との差分ごとの、温度制御のための冷却コイルにおける還気の冷却量を示す温度制御テーブルを予め記憶する。
- [0087] 給気温度計測値取得部510は、給気温度計34で計測された給気温度計測値を取得する。
- [0088] 差分算出部511は、予め設定された給気温度目標値と、給気温度計測値取得部510で取得された給気温度計測値との差分を算出する。
- [0089] 冷却量取得部512は、温度制御テーブル記憶部509に予め保持された温度制御テーブルに基づいて、差分算出部511で算出された差分に対応する温度制御のための還気の冷却量を取得する。
- [0090] 温度PID制御部513は、冷却量取得部512で取得された温度制御のための還気の冷却量に基づいて、当該制御に必要な冷媒の温度、量を決定し、これにより室外機40A～40Dの動作を制御する。
- [0091] 〈第3実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの動作〉
次に、本実施形態によるサーバ室管理用の空調システム1Cの動作について説明する。
- [0092] 本実施形態において、空調システム1Cが稼働しているときには、冷却コイル24Aおよび室外機40Aは常にON状態に設定されている。
- [0093] そして、制御装置50Cの給気湿度計測値取得部502において給気湿度計35で計測された給気湿度計測値が取得される。

- [0094] 次に差分算出部 5 0 6 において、給気湿度計測値取得部 5 0 2 で取得された給気湿度計測値と、予め設定された給気湿度目標値との差分が算出される。
- [0095] 次に冷却量取得部 5 0 7 において、湿度制御テーブル記憶部 5 0 5 に予め記憶された湿度制御テーブルに基づいて、差分算出部 5 0 6 において算出された差分に対応する湿度制御のための還気の冷却量が取得される。
- [0096] 次に湿度 P I D 制御部 5 0 8 において、冷却量取得部 5 0 7 で取得された湿度制御のための還気の冷却量に基づいて当該制御に必要な冷媒の温度、量が決定され、これにより室外機 4 0 A の動作が制御される。ここで湿度制御に関しては、第 1 実施形態で説明した場合と同様に、給気温度目標値よりも低い温度 (T_{sa1}') の給気が調整されるように冷媒の温度、量が決定される。
- [0097] 一方、給気温度計測値取得部 5 1 0 では、給気温度計 3 4 で計測された給気温度計測値が取得される。
- [0098] 次に差分算出部 5 1 1 において、給気温度計測値取得部 5 1 0 で取得された給気温度計測値と、予め設定された給気温度目標値との差分が算出される。
- [0099] 次に冷却量取得部 5 1 2 において、温度制御テーブル記憶部 5 0 9 に予め記憶された温度制御テーブルに基づいて、差分算出部 5 1 1 において算出された差分に対応する温度制御のための還気の冷却量が取得される。
- [0100] 次に温度 P I D 制御部 5 1 3 において、冷却量取得部 5 1 2 で取得された温度制御のための還気の冷却量に基づいて当該制御に必要な冷媒の温度、量が決定され、これにより室外機 4 0 A ~ 4 0 D の動作が制御される。ここで温度制御に関しては、第 1 実施形態で説明した場合と同様に、給気温度目標値よりも高い温度 (T_{sa2}) の給気が調整されるように冷媒の温度、量が決定される。
- [0101] このうち室外機 4 0 A の温度制御のための還気の冷却量の情報には、上述した湿度制御のための還気の冷却量の情報が加算されて、冷媒の温度、量が

決定される。

[0102] このように室外機４０Ａの動作が制御されたときの、（ａ）給気絶対湿度値の変化と、（ｂ）給気温度値の変化と、（ｃ）湿度制御のＯＮ／ＯＦＦ切り替え状態との関係を、図１１に示す。

[0103] 本実施形態においてはＰＩＤ制御により逐次取得される給気湿度計測値および給気温度計測値と目標値との差分に対応した制御が実行されるため、図１１（ａ）、（ｂ）に示すように、給気湿度計測値、給気温度計測値ともに、目標値から大きくずれることがなく一定に近い状態に保つことができる。

[0104] 以上の本実施形態によれば、空調制御対象のサーバ室の給気温度計測値と給気湿度計測値とに基づいて給気温度、給気湿度が一定に近い状態に保つことができるように各冷却コイルによる還気の冷却量が決定されるため、想定外に上昇するサーバ室の湿度量の変動にも逐次対応することができ、さらに高い精度でサーバ室へ目標温度値、目標湿度値の給気を供給することができる。

[0105] 《第４実施形態》

〈第４実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの構成〉

本発明の第４実施形態によるサーバ室管理用の空調システム１Ｄの構成は、図７に示すように制御装置５０Ｄを有する他は、第１実施形態による空調システム１Ａと同様の構成を有するため、同一機能を有する装置に関しては詳細な説明は省略する。

[0106] 本実施形態による空調システム１Ｄは、冷却コイル群２４をＰＩＤ制御するものであり、図１０に示すように湿度制御テーブル記憶部５０５と、給気湿度計測値取得部５０２と、差分算出部５０６と、冷却量取得部５０７と、湿度ＰＩＤ制御部５０８と、温度制御テーブル記憶部５０９と、給気温度計測値取得部５１０と、差分算出部５１１と、冷却量取得部５１２と、温度ＰＩＤ制御部５１３と、スイッチ５１４～５１７と、冷却コイル設定制御部５１８とを有する。

- [0107] このうち湿度制御テーブル記憶部505、給気湿度計測値取得部502、差分算出部506、冷却量取得部507、温度制御テーブル記憶部509、給気温度計測値取得部510、差分算出部511、および冷却量取得部512の機能は第3実施形態による制御装置50Bのこれらの機能と同一であるため、詳細な説明は省略する。
- [0108] 湿度PID制御部508は、冷却量取得部507で取得された湿度制御のための還気の冷却量および後述する冷却コイル設定制御部518で設定された冷却コイル24A～24Dの制御設定状況に基づいて、当該制御に必要な冷媒の温度、量を決定し、これにより室外機40A～40Dの動作を制御する。
- [0109] 温度PID制御部513は、冷却量取得部512で取得された温度制御のための還気の冷却量および後述する冷却コイル設定制御部518で設定された冷却コイル24A～24Dの制御設定状況に基づいて、当該制御に必要な冷媒の温度、量を決定し、これにより室外機40A～40Dの動作を制御する。
- [0110] スイッチ514は、ON状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Aとを接続し、OFF状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Aとの接続を切断する。
- [0111] スイッチ515は、ON状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Bとを接続し、OFF状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Bとの接続を切断する。
- [0112] スイッチ516は、ON状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Cとを接続し、OFF状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Cとの接続を切断する。
- [0113] スイッチ517は、ON状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Dとを接続し、OFF状態にすることで湿度PID制御部508と室外機40Dとの接続を切断する。
- [0114] 冷却コイル設定制御部518は、外気温度計32で計測された計測値、外

気湿度計 33 で計測された計測値、給気温度計 34 で計測された計測値、給気湿度計 35 で計測された計測値、給気ファン 26 による給気風量、サーバラック 11 に収納されたサーバの負荷状態を取得し、これらの情報に基づいて冷却コイル 24A～24D を、それぞれ湿度制御に用いるか、または温度制御に用いるかを設定する。この設定により、冷却コイル 24A を湿度制御に用いると設定したときにはスイッチ 514 を ON 状態にし、冷却コイル 24B を湿度制御に用いると設定したときにはスイッチ 515 を ON 状態にし、冷却コイル 24C を湿度制御に用いると設定したときにはスイッチ 516 を ON 状態にし、冷却コイル 24D を湿度制御に用いると設定したときにはスイッチ 517 を ON 状態にする。

[0115] 〈第 4 実施形態によるサーバ室管理用の空調システムの動作〉

次に、本実施形態によるサーバ室管理用の空調システム 1D の動作について説明する。

[0116] 本実施形態において空調システム 1D の稼働が開始すると、まず冷却コイル設定制御部 518 において外気温度計 32 で計測された計測値、外気湿度計 33 で計測された計測値、給気温度計 34 で計測された計測値、給気湿度計 35 で計測された計測値、給気ファン 26 による給気風量、サーバラック 11 に収納されたサーバの負荷状態が取得される。

[0117] そして取得されたこれらの情報から、冷却コイル群 24 のうち何台を湿度制御に用い、何台を温度制御に用いるかが決定される。本実施形態においては冷却コイル群 24 が冷却コイル 24A～24D の 4 台で構成されているため、これらの冷却コイルを 1：3、または 2：2 の割合で湿度制御に用いるものと温度制御に用いるものに割り当てることができ、冷却コイル 24A を湿度制御に用い冷却コイル 24B～24D を温度制御に用いるパターン（3：1）、冷却コイル 24A、24B を湿度制御に用い冷却コイル 24C、24D を温度制御に用いるパターン（2：2）、または冷却コイル 24A を湿度制御に用い冷却コイル 24B～24D を温度制御に用いるパターン（1：3）から選択することができる。このパターンの選択をする際には、予め行

われた試験結果に基づいてエネルギー消費が最も少ないものを選択することで、省エネ効果を向上させることができる。

[0118] 湿度制御に用いる冷却コイルの台数および温度制御に用いる冷却コイルの台数が決定されると、この決定に基づいてどの冷却コイルを湿度制御に用い、どの冷却コイルを温度制御に用いるかが決定される。

[0119] このとき、冷却コイル 24 A～24 Dの中で湿度制御に用いる冷却コイルが特定の冷却コイルに偏らないように設定することで、特定の冷却コイルや室外機にのみ湿度制御により負荷が多くかからないようにし、冷却コイル 24 A～24 D、および室外機 40 A～40 Dの全体的な寿命を延ばすことができる。

[0120] ここで冷却コイル設定制御部 518により、湿度制御を行うことが決定された冷却コイルに接続された室外機に対応するスイッチがON状態にされることで、該当する室外機が湿度PID制御部 508に接続される。これにより、湿度PID制御部 508から当該室外機へ湿度制御に関する情報が送信されるようになる。

[0121] また、冷却コイル設定制御部 518で決定された冷却コイル 24 A～24 Dの制御の設定状況は、湿度PID制御部 508および温度PID制御部 513に送出される。

[0122] 一方、給気湿度計測値取得部 502、差分算出部 506、および冷却量取得部 507では第3実施形態による制御装置 50Cの場合と同様の処理が実行され、湿度PID制御部 508において冷却量取得部 507で取得された湿度制御のための還気の冷却量および冷却コイル設定制御部 518から送出された冷却コイル 24 A～24 Dの制御設定状況に基づいて当該制御に必要な冷媒の温度、量が決定され、これによりスイッチがON状態にされ接続された室外機 40の動作が制御される。

[0123] また、給気温度計測値取得部 510、差分算出部 511、および冷却量取得部 512では第3実施形態による制御装置 50Cの場合と同様の処理が実行され、温度PID制御部 513において冷却量取得部 512で取得された

温度制御のための還気の冷却量および冷却コイル設定制御部 518 から送出された冷却コイル 24A～24D の制御設定状況に基づいて当該制御に必要な冷媒の温度、量が決定され、これにより室外機 40A～40D の動作が制御される。

[0124] このとき、湿度制御に対応した室外機の制御には、温度制御のための還気の冷却量の情報に、上述した湿度制御のための還気の冷却量の情報が加算されて、冷媒の温度、量が決定される。

[0125] また、湿度制御または温度制御を行う複数の冷却コイルの中でも、異なる冷却量を設定することも可能であり、これらの冷却コイル 24A～24D で冷却された後最終的に混合される給気が全体として給気湿度目標値および給気温度目標値となるようにバランスがとればよい。

[0126] 以上の本実施形態によれば、空調制御対象のサーバ室の給気温度計測値と給気湿度計測値とに基づいて給気温度、給気湿度が一定に近い状態に保つことができるように各冷却コイルによる還気の冷却量が決定されるため、想定外に上昇するサーバ室の湿度量の変動にも逐次対応することができ、高い精度でサーバ室へ目標温度値、目標湿度値の給気を供給することができるとともに、高い省エネ効果を得ることができる。

[0127] 上述した第 1 実施形態～第 3 実施形態においては冷却コイル群がそれぞれ別個の室外機に接続されている場合について説明したが、これには限定されず、複数の冷却コイルが相互に接続され、群管理されるように構成してもよい。

[0128] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これらの新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これらの実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 空調制御対象のサーバ室の還気を取り込み、給気温度目標値および給気湿度目標値に調整した給気を前記サーバ室に供給する空調システムにおいて、
- 前記サーバ室の還気を前記給気温度目標値よりも低い所定温度値に調整し除湿を行う第1コイルと、
- 前記第1コイルと同一エリア内に設置され、前記サーバ室の還気を、前記第1コイルで調整された空気と混同したときに前記給気温度目標値および前記給気湿度目標値になるように、前記給気温度目標値よりも高い所定温度値に調整する第2コイルと、
- 前記第1コイルで調整された還気と、前記第2コイルで調整された還気とを、混合して給気として前記サーバ室に供給する給気ファンとを備えるサーバ室管理用の空調システム。
- [請求項2] 前記給気ファンにより前記サーバ室に供給される給気の温度値を計測する給気温度計と、この給気の湿度値を計測する給気湿度計と、
- 前記給気温度計で計測された温度値と、前記給気湿度計で計測された湿度値とに基づいて前記第1コイルおよび前記第2コイルの制御量をそれぞれ決定する制御装置と
- をさらに備える請求項1に記載のサーバ室管理用の空調システム。
- [請求項3] 前記制御装置は、前記給気湿度計で計測された湿度値が予め設定された閾値よりも高くなったときに前記第1コイルを稼働させる、
- 請求項2に記載のサーバ室管理用の空調システム。
- [請求項4] 前記制御装置は、前記給気湿度計で計測された湿度値と前記給気湿度目標値との差分に基づいて、この差分をなくすように前記第1コイルの制御量を決定する
- 請求項2に記載のサーバ室管理用の空調システム。
- [請求項5] 前記第1コイルおよび第2コイルの少なくともいずれかは、複数のコイルで構成され、

前記制御装置は、前記給気湿度計で計測された湿度値に基づいて、前記複数のコイルの中での前記第 1 コイルの台数と前記第 2 コイルの台数とを決定し、これに基づいて前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルを稼働させる

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のサーバ室管理用の空調システム。