

明 細 書

発明の名称：

熱回収プラントシステム、熱回収プラント制御装置および熱回収プラント制御方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、ビル、工場あるいは集合住宅などの空調制御に適用可能な熱回収プラントシステム、熱回収プラント制御装置および熱回収プラント制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年の地球環境保全意識の高まりに伴ってエネルギー消費量の削減を求められている。省エネルギー法（省エネ法）の改正やISO50001など、法律や規格の面からも省エネを求める要求は厳しいものになってきている。そのような背景から、ビルや工場など比較的大規模な建築設備のエネルギー消費を削減する技術に注目が集まっている。

[0003] 建築設備で消費されるエネルギーのうち空調設備に関連するエネルギーの割合は突出して大きく、物件によっては半分を占めると言われるほどである。従って空調設備により消費されるエネルギーを削減できれば、省エネ効果をおおいに高めることができる。そこで機器単体のエネルギー効率を向上させるだけでなく、建物で発生した熱を回収する設備（以下、熱回収プラントと総称する）を効率よく稼働させてエネルギー効率を高めるための技術が種々提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4166051号公報

特許文献2：特許第3783859号公報

特許文献3：特許第4630702号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 既存の技術ではエネルギー消費量を最小化するための制御設定値を、空調設備の仕様や運転実績から作成した評価関数に基づいて算出している。つまり熱回収プラントを制御対象の集合体として捉え、モデル化技法に基づく最適化演算により各制御対象への制御目標値を算出するようにしている。しかしながらこのような手法では熱回収プラントを構成する機器の仕様や運転状況の全てを考慮できるとは限らない。熱回収プラントの稼働状態は外気の温度や湿度といった環境条件にも影響されるので、システムのモデル化には自ずと限界がある。よって、計算によりなされる制御とシステムの実際の運用との間に乖離が生じることがある。
- [0006] 省エネのための計算の結果、例えば、冷熱源機器出口最適冷媒設定温度（以下、冷媒設定温度と称する）として通常の設定よりも高めの値が推奨されたとする。設定温度を高めると冷媒を冷却するための圧縮機動力を小さくでき冷熱源機器の消費エネルギーを減らせるので、数字の上では省エネに有利になることが見込まれる。しかしながら冷媒と被冷却体との温度差が小さくなるので冷却能力がダウンし、外調機の除湿能力が不足するなどして温度を下げる方向のフィードバックが強まり、全体としてエネルギー消費量が増えることがある。
- [0007] 熱回収プラントの稼働状態を評価するための指標として冷媒バイパス流量がある。冷媒バイパス流量は冷媒から熱を回収する冷凍機の出口から入口に還流（バイパス）される冷媒の量であり、冷却能力に余力のある状態では十分な流量が保たれる。しかしながら負荷（外調機や室内空調機器など）の冷却要求が強まるとバイパス流量が低下し、既定流量を下回る前に予備の冷熱源機器が追加起動されてしまう。このように計算上では省エネを促す設定目標値が算出されたにもかかわらず、実際の運用では熱回収プラント全体でのエネルギー消費量を増大させる結果に結びつくという、不適切な制御のなされる場合がある。
- [0008] 目的は、熱回収プラントを正常な状態に保ちながら省エネルギー化を図る

ことの可能な熱回収プラントシステム、熱回収プラント制御装置および熱回収プラント制御方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 実施形態によれば、熱回収プラント制御装置は、エネルギーを消費する冷却装置を稼働して冷却された冷媒を循環させて負荷機器から熱を回収する熱回収プラントを制御する。熱回収プラント制御装置は、計算部と、監視部とを具備する。計算部は、与えられた条件下でエネルギー消費量を最小化する観点からの最適化演算により冷媒の適温を算出する。監視部は、負荷機器の状態をモニタして当該負荷機器における異常の有無を判定する。また監視部は、モニタの結果異常有りと判定した場合に、冷媒を算出された適温よりも冷却すべく冷却装置を制御する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、熱回収プラントの一例を示すブロック図である。

[図2]図2は、実施形態に係る熱回収プラント制御システムの一部を示すシステム図である。

[図3]図3は、図2に示されるプラント制御装置10の一例を示す機能ブロック図である。

[図4]図4は、出力装置30に表示される画面の一例を示す図である。

[図5]図5は、出力装置30に表示される画面の一例を示す図である。

[図6]図6は、プラント制御装置10の処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、最適冷媒設定温度の算出に係わる処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、出力装置30に表示される画面の一例を示す図である。

[図9]図9は、冷媒設定温度上限テーブル15aの一例を示す図である。

[図10]図10は、システム監視部13による処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、冷却性能監視部13aによる処理手順の詳細を示すフロー

チャートである。

[図12]図12は、バイパス流量監視部13bによる処理手順の詳細を示すフローチャートである。

[図13]図13は、通信処理部14の処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図14]図14は、最適冷媒設定温度計算パラメータ15bの一例を示す図である。

[図15]図15は、最適冷媒設定温度の計算例を時系列に示す表を示す図である。

[図16]図16は、図15に示される期間を含む一定期間における各値を示すグラフを示す図である。

[図17]図17は、他の実施形態に係る熱回収プラント制御システムの一例を示すシステム図である。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、熱回収プラントの一例を示すブロック図である。実施形態では、図1に示される熱回収プラントを制御可能なシステムの一例を開示する。図1に示される矢印は水などの冷媒が移動する方向を示す。冷媒は複数の冷媒負荷機器500から熱を回収し、配管系統を巡って冷熱源機器100に達する。冷媒負荷機器500は冷却の対象となる機器であり、一般空調機や純水製造機、あるいは外調機などの機器を含む。

[0012] 外調機とは室内に給気される外気（フレッシュエア）を処理するための装置である。外調機は取り入れた外気の温度や湿度を調整するために電力を消費する。外調機に関する重要なパラメータに給気露点温度がある。空調ダクト内の結露を防止するために給気露点温度を適切に制御する必要がある。

[0013] 冷熱源機器100は冷凍機とも称される冷却装置であり、例えばヒートポンプの原理により冷媒を冷却する。冷媒から回収された熱は排熱設備（図示せず）に渡されて建物の屋上の排熱機やラジエータなどから建物外部に放射される。冷熱源機器100は複数設けられ、回収すべき熱量に応じた数が稼

働される。冷熱源機器１００はエネルギーを消費するので、稼働数を最小限に抑えつつ快適な空調を実現することが省エネルギー化のポイントである。

[0014] 熱回収プラントの冷却機能は主に、冷媒の温度と冷媒の流量との双方によりもたらされる。所期の冷却性能を得るためには、冷媒温度が低めに設定されていれば冷媒の流量は少なくても済む。逆に冷媒の温度が高めに設定されていると、同じ冷却性能を得るためには流量を大きくする必要がある。ここでいう流量は全体での単位時間あたりの流量、あるいはバイパス流量のいずれでもよい。つまりバイパス流量はプラントを流れる冷媒の流量を端的に反映する量である。

[0015] 既存の技術は、省エネの観点から冷媒の温度を高めにしようとするフィードバックを、いわば一方的にかけけるものであった。よって冷媒流量が足りなくなり、冷熱源機器１００が追加で起動されて結局、エネルギー消費量やコストが増えることがあった。実施形態ではこのことを考慮し、冷却性能および省エネルギー性を考慮しつつも、冷熱源機器１００の稼働数を最小限にするための別のフィードバックをもたらし構成について説明する。

[0016] もちろん、冷媒の温度をできる限り冷やしてもなお期待した性能を得られない場合には、冷熱源機器１００を追加で起動せざるを得ない場合もある。実施形態はそのような形態の運用を否定するものではない。つまり実施形態は冷媒の温度だけでなく流量をも加味して、総合的な視野からの省エネルギー化を達成しようとするものである。

[0017] 冷熱源機器１００と冷媒負荷機器５００との間に冷媒を循環させるために、冷熱源機器１００の入口側に一次ポンプ７００が、出口側に二次ポンプ３００が設けられる。二次ポンプ３００の入口側には一次ヘッダ２００が、出口側には二次ヘッダ４００が設けられ、管を効率よく配置できるようになっている。

[0018] さらに、冷媒負荷機器５００から一次ポンプ７００に至る経路に戻りヘッダ６００が設けられる。そして一次ヘッダ２００から戻りヘッダ６００に、冷媒のバイパスルート８００が設けられている。冷媒の一部はこのバイパス

ルート８００を流れ（還流）、冷媒負荷機器５００を経由することなく冷熱源機器１００に戻る。バイパスルート８００の流量は冷却系統の能力の余裕を示すバロメータであり、流量が少なくなれば待機中の冷熱源機器が起動されて消費電力がアップすることになる。

[0019] 図２は、実施形態に係る熱回収プラント制御システムの一例を示すシステム図である。図２において、制御対象としての機器・センサ群６１～６ｐは、冷熱源機１、温度センサ２、流量センサ３、外調機４およびポンプ５などを含む。冷熱源機１は図１に示される冷熱源機器１００を含む。

[0020] 温度センサ２は例えば外調機４の設置環境の外気温や外気湿度などを計測するセンサである。また温度センサは冷熱源機１や外調機４の温度も計測する。さらに温度センサ２は外調機４の給気露点温度も計測する。流量センサ３は配管系統を流れる冷媒の流量を計測する。特に、流量センサ３はバイパスルート８００を流れる冷媒の流量を計測する。

[0021] 機器・センサ群６１～６ｐはそれぞれ上位の制御装置５１～５ｐにより制御される。例えば制御装置５１～５ｍは監視装置４１に接続される。監視装置は例えばビルのフロアごとに設置され、建物全体で複数備えられることが多い（監視装置４１～４ｎ）。制御装置５１～５ｐは制御対象に最も近い位置で機能し、冷熱源機１、外調機４やポンプ５などの機器に制御指令を与えると同時に、温度センサ２や流量センサ３などから各種のセンサ情報を収集する。

[0022] 例えば、機器・センサ群６１の各データ取得点で取得された計測値や機器の状態、あるいは設定値などのデータは制御装置５１において集約され、監視装置４１に送信される。監視装置４１は制御装置５１から受信した各種データを内部のデータベース（図示せず）に一定期間以上（例えば４８時間）にわたり保持する。

[0023] また、監視装置４１は内部的に設定された制御ロジック、上位装置からの制御命令や設定値変更命令などに応じて、対象機器を配下とする制御装置に命令を送信する。制御装置５１は監視装置４１からの命令に応じ、機器・セ

ンサ群 6 1 に設定値や状態情報をセットする。監視装置 4 1 と制御装置 5 m、機器・センサ群 6 m、あるいは監視装置 4 n と制御装置 5 p、機器・センサ群 6 p との間にも同様の関係がある。監視装置 4 1 ～ 4 n はさらにビル内 L A N (Local Area Network) などの通信ネットワークを介してプラント制御装置 1 0 に接続される。

[0024] プラント制御装置 1 0、監視装置 4 1 ～ 4 n および制御装置 5 1 ～ 5 p は通信ネットワークを介して機器・センサ群 6 1 ～ 6 p を階層的に監視、制御する。通信ネットワーク上のプロトコルとしては B A C n e t (登録商標) が代表的である。

なお通信ネットワークは L A N だけに限られるものではなく、 I P (Internet Protocol) ネットワークやシステムベンダの V P N (Virtual Private Network) であっても良い。すなわちプラント制御装置 1 0 は機器・センサ群 6 1 ～ 6 p と同じ建物内に限らず、地理的に離れた位置に設置されることも可能である。

[0025] プラント制御装置 1 0 はヒューマンマシンインタフェースとしての入力装置 2 0、出力装置 3 0 を備える。入力装置 2 0 は例えばマウス、キーボードあるいはタッチパネルなどの入力デバイスであり、出力装置 3 0 は例えば液晶ディスプレイである。ユーザはこれらのデバイスを用いてプラント制御装置 1 0 の処理に関わる情報を視認でき、また、数値や文字などをプラント制御装置 1 0 に入力することができる。

[0026] 図 3 は、図 2 に示されるプラント制御装置 1 0 の一例を示す機能ブロック図である。プラント制御装置 1 0 はヒューマンマシンインタフェース (H M I) 処理部 1 1、冷媒設定温度計算部 1 2、システム監視部 1 3、通信処理部 1 4、およびデータベース部 1 5 を備える。このうち冷媒設定温度計算部 1 2、システム監視部 1 3、通信処理部 1 4 は例えば、 C P U (Central Processing Unit) の、プログラムメモリ (図示せず) に記憶されるプログラムに基づく演算処理により実現される処理機能であり、その処理の実行周期は個々に設定可能である。

[0027] HMI 処理部 11 は入力装置 20 および出力装置 30 に接続され、各種情報をユーザに通知したり、ユーザからのデータ入力を受け付けたりなどの機能を備え、システムとユーザとの情報の授受を仲介する。入力された情報はデータベース部 15 に記憶される。

[0028] 冷媒設定温度計算部 12 は、熱回収プラントにおける冷媒の設定温度を、与えられた条件（気温、湿度などの環境条件、あるいはユーザの求める空調温度、湿度など）下で、主にエネルギー消費量を最小化する観点からの最適化演算により算出する。計算に必要な情報はデータベース部 15 や監視装置 41～4n などから取得される。算出された値（最適冷媒設定温度と称する）はデータベース部 15 に保存される。

すなわち最適冷媒設定温度は、省エネルギーのために推奨される、冷媒の適温であり、既存のシステムではこの算出値のみがシステム制御の拠り所である。

[0029] システム監視部 13 は熱回収プラントの監視や制御に係わる機能を実行する。特にシステム監視部 13 は、冷媒負荷機器 500 の状態をモニタして、冷媒負荷機器 500 における異常の有無を判定する。そして、モニタの結果異常有りと判定した場合に、システム監視部 13 は冷熱源機器 100 を制御し、冷媒を最適冷媒設定温度よりも冷却する。

[0030] つまりシステム監視部 13 は熱回収プラントに異常を検出すると、冷媒の温度を最適冷媒設定温度よりも低下させる方向に補正する。補正に際しては急激な温度変化によるシステムへの過負荷を避ける観点から、既定の補正值（1回の補正における補正量：刻み）を設定するようにする。

[0031] 通信処理部 14 は監視装置 41～4n と通信して各種のデータを取得したり、機器・センサ群 61～6p への設定値や制御情報を監視装置 41～4n に送信する。データベース部 15 はその記憶領域に、冷媒設定温度上限テーブル 15a、最適冷媒設定温度計算パラメータ 15b、および最適冷媒設定温度 15c を記憶する。

[0032] 冷媒設定温度上限テーブル 15a は例えば外気絶対湿度の値ごとに冷媒設

定温度の上限を登録したテーブルである。このテーブルには冷媒設定温度の下限も合わせて登録することが可能である。最適冷媒設定温度計算パラメータ 15 b は最適冷媒設定温度を算出するための各種のパラメータ（センサにより計測された外気温度、外気湿度など）であり、最適冷媒設定温度 15 c は実際に算出された最適冷媒設定温度である。

[0033] ところでシステム監視部 13 は、実施形態に係る処理機能として冷却性能監視部 13 a、およびバイパス流量監視部 13 b を備える。

[0034] 冷却性能監視部 13 a は、温度センサ 2 により計測された温度と冷媒負荷機器 500 への温度設定値との差が、既定値以上である期間が既定時間にわたり継続すると、異常有りと判定する。温度設定値は最適冷媒設定温度に基づく値であってよい。あるいは温度設定値は、ユーザの要求などに基づいて予め決められる、最適冷媒設定温度に依存しない既定の設定値であっても良い。後者のケースでは、外調機露点温度として予め固定的な設定値を与え、プラント制御装置 10 は、冷水温度の変更に追従することなく設定値どおりの露点温度を保つようにすれば良い。

[0035] そして冷却性能監視部 13 a は、異常により外調機 4 などの負荷機器が除湿不足に陥らないように、最適冷媒設定温度の補正值を計算する。ここで算出された値を最適冷媒設定温度補正值 ΔT_1 と表記する。

[0036] 実施形態では、最適冷媒設定温度に補正值を加算することにより、補正された最適冷媒設定温度を得るようにする。補正值を加算して温度を下げるのであるから、通常、補正值は負の数である。補正後の最適冷媒設定温度を最適冷媒設定温度（補正後）と表記する。補正值は最適冷媒設定温度（補正後）とともにデータベース部 15 に保存される。

[0037] バイパス流量監視部 13 b は、流量センサ 3 により計測されたバイパスルート 800（図 1）の流量が既定の基準範囲から逸脱すると異常有りと判定する。そしてバイパス流量監視部 13 b は、停止中の冷熱源機器 100 がバイパス流量の減少により不用意に追加で起動されないように、最適冷媒設定温度の補正值を計算する。ここで算出された値を最適冷媒設定温度補正值 Δ

T 2 と表記する。

[0038] バイパス流量監視部 1 3 b により算出される補正值 $\Delta T 2$ は、冷却性能監視部 1 3 a により算出される補正值 $\Delta T 1$ とは独立して取り扱うことができる。冷媒流量に基づいて補正された最適冷媒設定温度も最適冷媒設定温度（補正後）と表記することとする。

[0039] 図 4 は、熱回収プラント制御システムの動作状況を確認するために、プラント制御装置 1 0 の出力装置 3 0 に表示される画面の一例を示す図である。図 4 に示される画面には最適演算が実行中であること、つまり冷媒設定温度計算部 1 2 による最適冷媒設定温度の演算が実行されていることが示される。また、機器異常、異常発生中などのアイコンによりシステムに何らかの異常の生じていることが示される。

[0040] 図 5 は、プラント制御装置 1 0 の動作設定を変更するために、プラント制御装置 1 0 の出力装置 3 0 に表示される画面の一例を示す図である。図 5 に示される画面には、外調機給気露点温度補正機能がオンされていることと、バイパス流量補正機能がオンされていることが示される。前者は冷却性能監視部 1 3 a を主体とする機能であり、後者はバイパス流量監視部 1 3 b を主体とする機能である。

[0041] 図 6 は、プラント制御装置 1 0 の処理手順の一例を示すフローチャートである。図 6 においてプラント制御装置 1 0 は、最適冷媒設定温度の算出の実行タイミングの到来を待ち受ける（ステップ S 1）。このタイミングは例えば HMI 処理部 1 1 を用いた設定により与えられる制御周期に基づくものであり、図 6 の手順はこの周期に応じて繰り返し実行される。

[0042] 実行タイミングが到来すると、冷媒設定温度計算部 1 2 は最適冷媒設定温度を算出する（ステップ S 2）。次に、システム監視部 1 3 は熱回収プラントシステムの監視処理を実行する（ステップ S 3）。なおステップ S 2 の処理とステップ S 3 の処理とは、制御周期に応じて同じタイミングで実行しても良いし、互いに間隔をおいて実行しても良い。

[0043] 図 7 は、最適冷媒設定温度の算出に係わる処理手順の一例を示すフローチ

ャートである。冷媒設定温度計算部 12 は、外気温度および外気湿度を最適冷媒設定温度計算パラメータ 15 b から取得する。次に冷媒設定温度計算部 12 は、取得した外気温度を例えばウェクスラー・ハイランド近似式に入力して飽和水蒸気圧 P_{sa} を計算し、さらに式 (1)、(2) を用いて外気絶対湿度を計算する (ステップ S21)。

[数1]

$$P_w = P_{sa} \times RH / 100 \quad \dots(1)$$

P_w : 水蒸気分圧[kPa]

P_{sa} : 飽和水蒸気圧[kPa]

RH: 相対湿度[%]

$$X = 0.62198 \times P_w / (P - P_w) \quad \dots(2)$$

X : 絶対湿度[kg/kgDA]

P : 空気の全圧(海拔0mの大気圧) [kPa]=101.325[kPa]

[0044] 例えば、外気乾球温度が 25°C 、相対外気湿度が 80% であれば外気絶対湿度は 0.0160 kg/kgDA となる。なお、監視装置 41 などから外気絶対湿度を直接取得できれば (ステップ S21) の手順を省略することが可能である。

[0045] 次に冷媒設定温度計算部 12 は、冷媒設定温度上限テーブル 15 a を参照し、(ステップ S21) で算出した外気絶対湿度に基づいて最適冷媒設定温度を計算する (ステップ S22)。

[0046] 次に冷媒設定温度計算部 12 は、最適冷媒設定温度に対する上限および下限のリミッタ処理を施す (ステップ S23)。最適冷媒設定温度が計算のたびごとに大幅に変動すると、その値をそのまま用いて制御することは熱回収プラントにとって望ましくない。そこで、最適冷媒設定温度の算出ごとに前

回の最適冷媒設定温度から既定の制限幅以上の変化を防止すべく、最適冷媒設定温度を修正する。

[0047] 上記制限幅を例えば1時間あたり 3.0°C ($3.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$)とし、冷媒設定温度計算部12の実行周期が30分に設定されているケースでは、1回の計算あたりの制限幅はその半分の 1.5°C となる。前回の最適冷媒設定温度が 7.2°C であり、次の計算で最適冷媒設定温度として 9.0°C が算出されたとする。この値は制限幅を超えるので、冷媒設定温度計算部12はリミッタ処理により最適冷媒設定温度を 8.7°C に修正する。修正された最適冷媒設定温度はデータベース部15に登録される（最適冷媒設定温度15c）。リミッタ処理に係わる制限幅は予めシステムに設定してもよいし、例えば図8に示されるような入力画面から入力しても良い。

[0048] 図8は、ステップS23のリミッタ処理に係わる制限幅を入力するための画面の一例を示す図である。実行周期の欄に示される複数の項目（※1, 2, 3, …）、外気絶対湿度に対応する冷水（冷媒）の温度の上限と下限とをセットするための窓が設けられている。

[0049] 図9は、冷媒設定温度上限テーブル15aの一例を示す図である。冷媒設定温度上限テーブル15aは、外気絶対湿度ごとに設定温度の上限値および下限値を対応付けたテーブルである。外気絶対湿度の設定可能範囲は例えば $0.0000\sim 0.0400$ [kg/kgDA]であり、外気絶対湿度 0.0000 と 0.0400 時の冷媒設定温度は、それぞれ最も近い外気絶対湿度の設定値が自動的に設定される。

[0050] 冷媒設定温度上限テーブル15aに設定可能な項目の数は限られているので、最適冷媒設定温度の計算にあたり、冷媒設定温度上限テーブル15aから取得した外気絶対湿度との距離が最も近い2つの外気絶対湿度の設定値情報（ 0.0000 と 0.0400 [kg/kgDA]時を含む）を読み込み、線形もしくは非線形近似式を導出して、最適冷媒設定温度を計算すると良い。

[0051] 例えば、冷媒設定温度上限テーブル15aが図9に示される内容で、外気

絶対湿度が 0.0160 kg/kgDA のときに線形近似式を用いると、項目No. 2とNo. 3の設定内容から「 $-500 \times (\text{絶対湿度}) + 17.0 = (\text{最適冷媒設定温度})$ 」という近似式が導出される。この近似式に絶対湿度として 0.0160 kg/kgDA を当てはめると、最適冷媒設定温度として 9.0°C が求められる。

[0052] 図10は、システム監視部13における処理手順の一例を示すフローチャートである。図10において、システム監視部13の冷却性能監視部13aは、外調機の給気露点温度を補正する（ステップS31）。次にバイパス流量監視部13bは、バイパス流量補正処理を行う（ステップS32）。なおステップS31およびステップS32の実行の順序は任意である。また、いずれかのステップを実行するだけでも良い。

[0053] 図11は、冷却性能監視部13aによる処理手順の詳細を示すフローチャートである。冷却性能監視部13aは、外調機情報をデータベース部15から読み込み、異常判定を行う（ステップS311）。冷却性能監視部13aは、外調機4の給気露点温度の温度設定値と、温度センサ2により計測された温度との差分を計算し、その差が既定の基準値以上となる期間が既定の基準時間にわたって継続した場合に異常有りと判断する（ステップS311）。上記基準値、および基準時間のいずれも、予めシステムに登録するか、HMI処理部11を用いて登録することができる。なお異常判定は全ての外調機を対象に実施し、一つでも異常と判定されれば異常有りと判定する。

[0054] 外調機の給気露点温度に異常有りと判定された場合（ステップS312でYes）には、冷却性能監視部13aは、前回の最適冷媒設定温度が冷媒設定温度下限値よりも高いか否かを確認する（ステップS313）。冷媒設定温度下限値は予めシステムに登録するか、HMI処理部11を用いて登録することができる。あるいは図9に示されるように、外気絶対湿度ごとに設定してもよい。図9のように設定したケースでは図7のステップS21での計算値を利用して下限値を求める。

[0055] 前回の最適冷媒設定温度が冷媒設定温度下限値よりも高い場合（ステップ

S 3 1 3でY e s) は、最適冷媒設定温度補正值 $\Delta T 1$ の値を予め設定した基準値X A (例えば0. 1 7) だけ低下させる(ステップS 3 1 4)。このようにして得られた補正值 $\Delta T 1 = \Delta T 1 - X A$ を最適冷媒設定温度に加算して最適冷媒設定温度(補正後)を得る。

[0056] 一方、ステップS 3 1 2で異常無しと判定されれば(N o)、冷却性能監視部1 3 aは、 $\Delta T 1$ の値が負数か否かを判定する(ステップS 3 1 5)。 $\Delta T 1$ が負数であれば(Y e s)、 $\Delta T 1$ を予め設定した基準値X B (例えば0. 1 7) だけ増加させる(ステップS 3 1 6)。次に冷却性能監視部1 3 aは、補正值 $\Delta T 1$ の値が正の値であるか否かを確認する(ステップS 3 1 7)。正の値であれば(Y e s)、冷却性能監視部1 3 aは補正值 $\Delta T 1$ に0をセットする(ステップS 3 1 8)。このケースでは最適冷媒設定温度は補正されないこととなる。

[0057] 図1 2は、バイパス流量監視部1 3 bによる処理手順の詳細を示すフローチャートである。バイパス流量監視部1 3 bは、冷媒バイパス流量をデータベース部1 5から読み込み(ステップS 3 2 1)、その冷媒バイパス流量が下限基準値L 1 (例えば2 5 0 k g / s) 未満か否かを判定する(ステップS 3 2 2)。

[0058] ステップS 3 2 2で冷媒バイパス流量が下限基準値L 1 未満であれば(Y e s)、バイパス流量監視部1 3 bは、前回の最適冷媒設定温度が冷媒設定温度下限値よりも高いか否かを確認する(ステップS 3 2 3)。前回の最適冷媒設定温度が冷媒設定温度下限値よりも高い場合(Y e s) には、バイパス流量監視部1 3 bは最適冷媒設定温度補正值 $\Delta T 2$ の値を予め設定した基準値X C (例えば0. 1 7) だけ下げる(ステップS 3 2 4)。このようにして得られた補正值 $\Delta T 2 = \Delta T 2 - X C$ を最適冷媒設定温度に加算して最適冷媒設定温度(補正後)を得る。

[0059] 一方、ステップS 3 2 2で冷媒バイパス流量が上限基準値L 2 (例えば7 5 0 k g / s) 以上であれば(N o)、バイパス流量監視部1 3 bは冷媒バイパス流量が上限基準値L 2 以上であるか否かを判定する(ステップS 3 2

5)。冷媒バイパス流量が上限基準値 L_2 以上であれば（Yes）、バイパス流量監視部13bは補正值 ΔT_2 が負数であるか否かを確認する（ステップS326）。

[0060] ΔT_2 が負の数であれば（Yes）、バイパス流量監視部13bは ΔT_2 の値を予め設定した基準値 X_D （例えば0.17）だけ上げる（ステップS327）。次にバイパス流量監視部13bは修正後の ΔT_2 の値が正の値であるか否かを判定し（ステップS328）、正の値であれば（Yes）補正值 ΔT_2 に0をセットする。図12の処理において利用される各パラメータは予めシステムに登録しておいてもよいし、HMI処理部11から入力してもよい。

[0061] 図13は通信処理部14の処理手順の一例を示すフローチャートである。通信処理部14による処理には独自の実行周期を設定可能であり、例えば1分周期で処理を実行する。通信処理部14はデータベース部15から最適冷媒設定温度を取得し、制御対象となる冷熱源機器がそれぞれ属する監視機能の最適冷媒設定温度を受け付け可能なデータエリアに出力する（ステップS41）。ここではBACnet（登録商標）などのプロトコルを用いることができる。なお最適冷媒設定温度が基準範囲外の値とならないように、最適冷媒設定温度を修正してからデータエリアに出力してもよい。例えば上限が15.0°Cで最適冷媒設定温度が15.1°Cであれば、15.0°Cに修正した最適冷媒設定温度を出力してもよい。

[0062] また、計算で求めた最適冷媒設定温度の小数点以下桁数と、冷熱源機器100が受け付け可能な最適冷媒設定温度の小数点以下桁数が異なる場合には、冷熱源機器100が受け付け可能な桁数に四捨五入、切り捨て、または切り上げにより修正した値を出力してもよい。さらに、前回計算時の最適冷媒設定温度と今回計算した最新の最適冷媒設定温度が同値のであれば、出力をスキップしてもよい。

[0063] 次に通信処理部14は、プラント制御装置10が利用する各種熱回収プラント情報や外気情報などを、監視装置41～4n、制御装置51～5p、あ

るいは機器・センサ群 6 1 ~ 6 p から B A C n e t （登録商標）などのプロトコル用いて取得し、データベース部 1 5 に保存する。

[0064] 図 1 4 は、最適冷媒設定温度計算パラメータ 1 5 b の一例を示す図である。実施形態では、最適冷媒設定温度の計算周期を 1 0 分間隔とし、その温度変化の制限を 1 時間あたり 3°C とし、補正処理の周期を 1 分間隔とし、補正值 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ の変化の刻みをいずれも 0.017°C とした。

[0065] 図 1 5 は、最適冷媒設定温度の計算例を時系列に示す表を示す図である。図 1 5 の例では初期温度を 12.0°C とした。図 1 5 において、補正処理については異常有無の判定結果と補正值が示される。冷却性能監視部 1 3 a による補正の詳細では、0 が異常無し、1 が異常有りを示す。バイパス流量監視部 1 3 b による補正の詳細では 0 が異常無しを示し、1 が下限値異常有りを示し、2 が上限値異常有りを示す。補正後設定温度の項目がすなわち最適冷媒設定温度（補正後）であり、最適冷媒設定温度に補正值 $\Delta 1$ および $\Delta 2$ を加算した値である。この補正後設定温度に基づいてプラント制御装置 1 0 は冷熱源機器 1 0 0 を含む熱回収プラントを制御する。

[0066] 図 1 6 は、図 1 5 に示される期間を含む一定期間（2 時間）における各値を示すグラフを示す図である。温度補正処理の開始後、熱回収プラントに冷却性能異常や、冷媒バイパス流量上下限值異常が発生しているので、 $\Delta T 1$ と $\Delta T 2$ が負の値となっていることが分かる。図 1 6 の（a）に示す最適冷媒設定温度の線は、システム監視部 1 3 により計算される補正值 $\Delta T 1$ 、 $\Delta T 2$ を考慮しない最適冷媒設定温度であり、（b）に示す最適冷媒設定温度（補正後）の太線は補正值 $\Delta T 1$ 、 $\Delta T 2$ を考慮した場合の冷媒設定温度となる。図 1 6 によればシステム監視部 1 3 およびその機能を追加することで、省エネルギー性に加えて熱回収プラントの状態の双方を考慮した、最適冷媒設定温度を算出できていることが示される。

[0067] 以上説明したようにこの実施形態では、熱回収プラントの省エネルギー化のため最適冷媒設定温度を算出するだけでなく、例えば外調機の給気露点温度などといった熱回収プラントシステムの設定値と計測値との差分を監視し

、その結果に基づいて最適冷媒設定温度を補正するようにしている。これにより外調機の冷却能力が不足して異常が生じることを防止できる。また実施形態では冷媒バイパス流量を監視し、その結果に基づいて最適冷媒設定温度を補正するようにしている。これにより停止中の冷熱源機器が不必要に起動されることがなくなり、総合的な観点からの省エネ化を促すことができるようになる。

[0068] 既存の技術のいずれも、最適化演算による最適冷媒設定温度の算出の域を出ていない。よって例えば外調機が除湿能力不足に陥り給気露点温度が高くなったりするなどの、冷媒負荷機器に過大な負荷がかかる虞がある。このようなケースは冷媒負荷機器の保護のため停止中の冷熱源機器の不必要な起動をもたらし、結果として省エネルギー化が阻害されることがある。

[0069] これに対し実施形態では、最適冷媒設定温度を補正する機能を備えるようにしたので、熱回収プラントを正常な状態に保ちながら省エネルギー化を図ることの可能な熱回収プラントシステム、熱回収プラント制御装置および熱回収プラント制御方法を提供することが可能となる。

[0070] [他の実施形態]

図17は、他の実施形態に係る熱回収プラント制御システムの一例を示すシステム図である。図2においては機器・センサ群61～6p、制御装置51～5p、監視装置41～4nおよびプラント制御装置10が同じネットワークに属する形態を示したが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち図17に示すように、プラント制御装置10がインターネットなどのIPネットワーク900を介して機器・センサ群61～6p、制御装置51～5p、監視装置41～4nに接続される形態においても本発明を適用することが可能である。すなわちプラント制御装置10は情報通信ネットワークを介して、冷熱源機1、冷熱源機器100を含む複数の熱回収プラントに接続され、プラント制御装置10は情報通信ネットワークを介して各熱回収プラントを制御する。

[0071] このような形態によれば、複数のビル・工場の熱源最適制御を共通のサー

バにより実施することが可能になる。つまりプラント制御装置 10 は複数のビル・工場（サイト）に設定された監視装置から情報を取得し、各々に最適冷媒設定温度を計算し、各々の監視装置に温度設定値情報を出力する。各サイトに IP ネットワーク 900 に接続するためのゲートウェイを設置すれば良いことは当業者には明らかであろう。

[0072] データベース部 15 には、図 3 に示される冷媒設定温度上限テーブル 15 a、最適冷媒設定温度計算パラメータ 15 b、および最適冷媒設定温度 15 c を、サイトの数だけ記憶させるようにすれば良い。さらに、データベース部 15 に、各サイトを管理するための情報を登録したデータベースを記憶させるようにすれば良い。

[0073] 通信処理部 14 は登録したサイトから各々の情報を取得し、データベース部 15 に保存する。また、各々の最適冷媒設定温度が変更された場合は、通信処理部 14 は対応するサイトの監視装置に出力する。冷媒設定温度計算部 12、システム監視部 13 も登録したサイトの数の分の処理を繰り返して、各々の冷媒設定温度を計算する。以上の記載以外は、第 1 の実施形態と同一の処理を行う。

[0074] なお本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。例えば最適冷媒設定温度は図 7 のフローチャートに示す手法だけでなく、最適冷媒設定温度に対する評価関数を利用した既知の最適化演算により算出することももちろん可能である。また、プラント制御装置 10 に、監視装置 41～4n、制御装置 51～5p の機能を併せてインプリメントするようにしても良い。

[0075] さらに、実施形態では外調機の給気露点温度に基づいて、異常判定を実施する例を示したが、異常判定元とするデータはこれに限られるものではない。このほか、例えば純水製造装置における処理プロセス中の超純水温度、低温循環水系統における熱交換器の出口温度など、熱回収プラントの動作状態を示す計測値であり温度設定値との差分を算出可能なデータであればどのようなデータでも処理に用いることができる。さらに、複数のデータを組み合わせて異常判定を実施してもよい。

[0076] 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するものであり、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、特許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。

符号の説明

[0077] 100…冷熱源機器、500…冷媒負荷機器、700…一次ポンプ、300…二次ポンプ、200…一次ヘッダ、400…二次ヘッダ、600…戻りヘッダ、800…バイパスルート、1…冷熱源機、2…温度センサ、3…流量センサ、4…外調機、5…ポンプ、10…プラント制御装置、41～4n…監視装置、51～5p…制御装置、61～6p…機器・センサ群、900…IPネットワーク

請求の範囲

- [請求項1] 負荷機器に循環されて当該負荷機器から熱を回収する冷媒を冷却する、稼働時にエネルギーを消費する冷却装置と、
前記冷却装置を制御する制御装置とを具備し、
前記制御装置は、
与えられた条件下でエネルギー消費量を最小化する観点からの最適化演算により前記冷媒の適温を算出する計算部と、
前記負荷機器の状態をモニタして当該負荷機器における異常の有無を判定する監視部とを備え、
前記監視部は、前記モニタの結果異常有りと判定した場合に、前記冷媒を前記算出された適温よりも冷却すべく前記冷却装置を制御する、熱回収プラントシステム。
- [請求項2] 前記監視部は、前記異常有りと判定した場合に、前記冷媒の温度を前記適温から既定の補正值ずつ補正する、請求項1に記載の熱回収プラントシステム。
- [請求項3] 前記監視部は、
前記負荷機器の温度を計測する温度センサにより計測された温度と当該負荷機器への既定の温度設定値との差が既定値以上である期間が既定時間にわたり継続すると前記異常有りと判定する、請求項1に記載の熱回収プラントシステム。
- [請求項4] 前記負荷機器は、室内に給気される外気を処理する外調機であり、
前記温度センサは、前記外調機の給気露点温度を計測する、請求項3に記載の熱回収プラントシステム。
- [請求項5] 前記監視部は、
前記冷媒の流量を計測する流量センサにより計測された流量が既定の基準範囲から逸脱すると前記異常有りと判定する、請求項1に記載の熱回収プラントシステム。
- [請求項6] 前記流量センサは、前記冷却装置の出口から入口に還流される前記

冷媒の流量を計測する、請求項 5 に記載の熱回収プラントシステム。

[請求項7]

前記冷却装置を複数具備し、

前記監視部は、稼働中の前記冷却装置を制御して、前記冷却装置の稼働数を最小限にすべく前記冷媒を前記適温よりも冷却する、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の熱回収プラントシステム。

[請求項8]

前記制御装置は情報通信ネットワークを介して前記冷却装置に接続され、

前記監視部は当該情報通信ネットワークを介して前記冷却装置を制御する、請求項 1 に記載の熱回収プラントシステム。

[請求項9]

エネルギーを消費する冷却装置を稼働して冷却された冷媒を循環させて負荷機器から熱を回収する熱回収プラントを制御する熱回収プラント制御装置において、

与えられた条件下でエネルギー消費量を最小化する観点からの最適化演算により前記冷媒の適温を算出する計算部と、

前記負荷機器の状態をモニタして当該負荷機器における異常の有無を判定する監視部とを具備し、

前記監視部は、前記モニタの結果異常有りと判定した場合に、前記冷媒を前記算出された適温よりも冷却すべく前記冷却装置を制御する、熱回収プラント制御装置。

[請求項10]

前記監視部は、前記異常有りと判定した場合に、前記冷媒の温度を前記適温から既定の補正值ずつ補正する、請求項 9 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項11]

前記監視部は、

前記負荷機器の温度を計測する温度センサにより計測された温度と当該負荷機器への既定の温度設定値との差が既定値以上である期間が既定時間にわたり継続すると前記異常有りと判定する、請求項 9 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項12]

前記負荷機器は、室内に給気される外気を処理する外調機であり、

前記温度センサは、前記外調機の給気露点温度を計測する、請求項 11 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項13]

前記監視部は、

前記冷媒の流量を計測する流量センサにより計測された流量が既定の基準範囲から逸脱すると前記異常有りと判定する、請求項 9 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項14]

前記流量センサは、前記冷却装置の出口から入口に還流される前記冷媒の流量を計測する、請求項 13 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項15]

前記熱回収プラントは前記冷却装置を複数備え、

前記監視部は、稼働中の前記冷却装置を制御して、前記冷却装置の稼働数を最小限にすべく前記冷媒を前記適温よりも冷却する、請求項 9 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項16]

情報通信ネットワークを介して前記熱回収プラントに接続され、

前記監視部は、当該情報通信ネットワークを介して前記冷却装置を制御する、請求項 9 に記載の熱回収プラント制御装置。

[請求項17]

エネルギーを消費する冷却装置を稼働して冷却された冷媒を循環させて負荷機器から熱を回収する熱回収プラントを制御する熱回収プラント制御方法において、

与えられた条件下でエネルギー消費量を最小化する観点からの最適化演算により前記冷媒の適温を算出し、

前記負荷機器の状態をモニタして当該負荷機器における異常の有無を判定し、

前記モニタの結果異常有りと判定された場合に、前記冷媒を前記算出された適温よりも冷却すべく前記冷却装置を制御する、熱回収プラント制御方法。

[請求項18]

前記判定することは、前記異常有りと判定した場合に、前記冷媒の温度を前記適温から既定の補正值ずつ補正することを含む、請求項 1

7 に記載の熱回収プラント制御方法。

[請求項19] 前記判定することは、前記負荷機器の温度を計測する温度センサにより計測された温度と当該負荷機器への既定の温度設定値との差が既定値以上である期間が既定時間にわたり継続すると前記異常有りと判定する、請求項 1 7 に記載の熱回収プラント制御方法。

[請求項20] 前記負荷機器は、室内に給気される外気を処理する外調機であり、前記温度センサは、前記外調機の給気露点温度を計測する、請求項 1 9 に記載の熱回収プラント制御方法。

[請求項21] 前記判定することは、前記冷媒の流量を計測する流量センサにより計測された流量が既定の基準範囲から逸脱すると前記異常有りと判定する、請求項 1 7 に記載の熱回収プラント制御方法。

[請求項22] 前記流量センサは、前記冷却装置の出口から入口に還流される前記冷媒の流量を計測する、請求項 2 1 に記載の熱回収プラント制御方法。

[請求項23] 前記熱回収プラントは前記冷却装置を複数備え、前記判定することは、稼働中の前記冷却装置を制御して、前記冷却装置の稼働数を最小限にすべく前記冷媒を前記適温よりも冷却する、請求項 1 7 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の熱回収プラント制御方法。