

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6523798号
(P6523798)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl.

F 1

F24F 11/47

(2018.01)

F 24 F 11/47

F24F 5/00

(2006.01)

F 24 F 5/00

F28F 27/00

(2006.01)

F 28 F 27/00

F 28 F 27/00

1 O 1 Z

5 O 1 A

5 O 1 B

請求項の数 14 (全 35 頁)

(21) 出願番号

特願2015-114190 (P2015-114190)

(22) 出願日

平成27年6月4日(2015.6.4)

(65) 公開番号

特開2017-3135 (P2017-3135A)

(43) 公開日

平成29年1月5日(2017.1.5)

審査請求日

平成29年12月1日(2017.12.1)

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 110001807

特許業務法人磯野国際特許商標事務所

(72) 発明者 宮島 裕二

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

(72) 発明者 菊池 宏成

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

(72) 発明者 北島 慶一

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱源設備及び熱源設備制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却水を冷却する冷却塔と、

前記冷却塔に備わる冷却ファンと、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と熱交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える熱源機と、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、

前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、

前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、

外気温度センサ及び外気湿度センサと、

前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を定量化した評価関数を設定するとともに、前記評価関数が最小になるように前記冷却ファン及び前記冷却水ポンプを制御する制御装置と、を有し、

前記制御装置は、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度とから算出する大気の湿球温度にもとづくとともに、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測

10

20

する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから算出する前記熱源機の負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記冷却水の流量及び水温を設定し、

設定した前記冷却水の流量を維持するように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御し、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には前記湿球温度を所定の標準温度に設定して前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記負荷率を算出できない状態の場合には前記負荷率を所定の標準負荷率に設定して前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記外気湿度センサに異常が発生した場合には、前記相対湿度の所定値と前記外気温度センサが計測する前記乾球温度とから前記湿球温度を算出し、 10

前記外気温度センサに異常が発生した場合には、前記乾球温度として想定し得る最高温度と前記外気湿度センサが計測する前記相対湿度とから前記湿球温度を算出し、

前記外気湿度センサと前記外気温度センサに異常が発生した場合には、前記湿球温度を算出できない状態であると判定して前記湿球温度を前記標準温度に設定することを特徴とする熱源設備。

【請求項 2】

前記制御装置は、

前記湿球温度を算出できない状態の場合は、前記冷却水の流量及び水温を、前記湿球温度が前記標準温度であるときの前記負荷率に対応した前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記負荷率を算出できない状態の場合は、前記冷却水の流量及び水温を、前記負荷率が前記標準負荷率であるときの前記湿球温度に対応した前記冷却水の流量及び水温を設定することを特徴とする請求項1に記載の熱源設備。

【請求項 3】

冷却水を冷却する冷却塔と、

前記冷却塔に備わる冷却ファンと、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と熱交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える熱源機と、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、

前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、

前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、外気温度センサ及び外気湿度センサと、

前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を定量化した評価関数を設定するとともに、前記評価関数が最小になるように前記冷却ファン及び前記冷却水ポンプを制御する制御装置と、を有し、

前記制御装置は、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度とから算出する大気の湿球温度にもとづくとともに、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから算出する前記熱源機の負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記冷却水の流量及び水温を設定し、

設定した前記冷却水の流量を維持するように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御し、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には前記湿球温度を所定の標準温度に設定して前記冷却水の流量及び水温を設定し、

10

20

30

40

50

前記負荷率を算出できない状態の場合には前記負荷率を所定の標準負荷率に設定して前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記制御装置は、

前記湿球温度を算出できない状態の場合、

前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前記負荷率を算出し、

さらに、ローカル制御に切替えることを特徴とする熱源設備。

【請求項 4】

前記ローカル制御は、前記負荷率との相関関係に基づいて、算出した前記負荷率から前記冷却水の流量を算出する 10

又は、前記熱源機が出力する、前記熱源機自身が必要とする冷却水の流量を基に、前記冷却水の流量を制御することを特徴とする請求項3に記載の熱源設備。

【請求項 5】

前記熱源機が複数台備わって、前記冷却塔、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプが前記熱源機と同数備わり、

前記制御装置は、前記湿球温度と、前記負荷率と、にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記熱源機の運転台数と、運転される前記熱源機に流入する前記冷却水の流量及び水温とを設定し、

設定した前記冷却水の流量となるようにそれぞれの前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するようにそれぞれの前記冷却ファンを制御し、 20

前記湿球温度を算出できない状態の場合には前記湿球温度を所定の標準温度に設定して前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記負荷率を算出できない状態の場合には前記負荷率を所定の標準負荷率に設定して前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定することを特徴とする請求項1に記載の熱源設備。

【請求項 6】

前記制御装置は、

前記湿球温度を算出できない状態の場合は、前記湿球温度が前記標準温度であるときの前記負荷率に対応した前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定し、 30

前記負荷率を算出できない状態の場合は、前記負荷率が前記標準負荷率であるときの前記湿球温度に対応した前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定することを特徴とする請求項5に記載の熱源設備。

【請求項 7】

前記制御装置は、

前記湿球温度を算出できない状態及び前記負荷率を算出できない状態から復帰した場合には、

前記湿球温度を、前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度から算出し、

前記負荷率を、前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから算出する状態に戻ることを特徴とする請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の熱源設備。 40

【請求項 8】

冷却水を冷却する冷却塔と、

前記冷却塔に備わる冷却ファンと、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と熱交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える熱源機と、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、 50

前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、
 前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、
 前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、
 前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、
 外気温度センサ及び外気湿度センサと、を備える熱源設備を制御装置が制御するときの
 热源設備制御方法であって、

前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を
 定量化した評価関数を設定するステップと、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の
 相対湿度とから大気の湿球温度を算出するステップと、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測
 する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前
 記熱源機の負荷率を算出するステップと、

算出した前記湿球温度及び前記負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような
 前記冷却水の流量及び水温を設定するステップと、

設定した前記冷却水の流量となるように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却
 水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御するステップと、を有し、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には、前記湿球温度を算出するステップにおいて
 当該湿球温度が所定の標準温度に設定され、

前記負荷率を算出できない状態の場合には、前記負荷率を算出するステップにおいて当
 該負荷率が所定の標準負荷率に設定され、

前記湿球温度を算出するステップでは、

前記外気湿度センサに異常が発生した場合には前記相対湿度の所定値と前記外気温度セ
 ンサが計測する前記乾球温度とから前記湿球温度が算出され、

前記外気温度センサに異常が発生した場合には前記乾球温度として想定し得る最高温度
 と前記外気湿度センサが計測する前記相対湿度とから前記湿球温度が算出され、

前記外気湿度センサと前記外気温度センサに異常が発生した場合には前記湿球温度が前
 記標準温度に設定されることを特徴とする熱源設備制御方法。

【請求項 9】

冷却水を冷却する冷却塔と、

前記冷却塔に備わる冷却ファンと、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と
 热交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える
 热源機と、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、

前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、

前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、

外気温度センサ及び外気湿度センサと、を備える熱源設備を制御装置が制御するときの
 热源設備制御方法であって、

前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を
 定量化した評価関数を設定するステップと、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の
 相対湿度とから大気の湿球温度を算出するステップと、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測
 する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前
 記熱源機の負荷率を算出するステップと、

算出した前記湿球温度及び前記負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような
 前記冷却水の流量及び水温を設定するステップと、

10

20

40

50

設定した前記冷却水の流量となるように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御するステップと、を有し、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には、前記湿球温度を算出するステップにおいて当該湿球温度が所定の標準温度に設定され、

前記負荷率を算出できない状態の場合には、前記負荷率を算出するステップにおいて当該負荷率が所定の標準負荷率に設定され、

前記冷却水の流量及び水温と前記冷温水の流量を設定するステップでは、

前記湿球温度を算出できない状態の場合、

前記湿球温度が前記標準温度であるときの前記負荷率に対応して前記冷却水の流量及び水温が設定され、

前記負荷率を算出できない状態の場合、

前記負荷率が前記標準負荷率であるときの前記湿球温度に対応して前記冷却水の流量及び水温が設定され、冷温水流量制御が第1のローカル制御に切替わることを特徴とする熱源設備制御方法。

【請求項10】

冷却水を冷却する冷却塔と、

前記冷却塔に備わる冷却ファンと、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と熱交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える熱源機と、

前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、

前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、

前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、

前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、

外気温度センサ及び外気湿度センサと、を備える熱源設備を制御装置が制御するときの熱源設備制御方法であって、

前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を定量化した評価関数を設定するステップと、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度とから大気の湿球温度を算出するステップと、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前記熱源機の負荷率を算出するステップと、

算出した前記湿球温度及び前記負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記冷却水の流量及び水温を設定するステップと、

設定した前記冷却水の流量となるように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御するステップと、を有し、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には、前記湿球温度を算出するステップにおいて当該湿球温度が所定の標準温度に設定され、

前記負荷率を算出できない状態の場合には、前記負荷率を算出するステップにおいて当該負荷率が所定の標準負荷率に設定され、

前記冷却水の流量及び水温を設定するステップでは、

前記湿球温度を算出できない状態の場合、

前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前記負荷率が算出され、さらに前記評価関数に基づくことなく、前記冷却水の流量の制御を行う第2のローカル制御に切替えられることを特徴とする熱源設備制御方法。

【請求項11】

10

20

30

40

50

前記第2のローカル制御は、前記負荷率との相関関係に基づいて、算出した前記負荷率から前記冷却水の流量を算出する

又は、前記熱源機が出力する、前記熱源機自身が必要とする冷却水の流量を基に、前記冷却水の流量を制御することを特徴とする請求項1_0に記載の熱源設備制御方法。

【請求項1_2】

前記熱源機が複数台備わって、前記冷却塔、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプが前記熱源機と同数備わる場合において、

前記冷却水の流量及び水温を設定するステップでは、前記湿球温度と、前記負荷率と、にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記熱源機の運転台数と、運転される前記熱源機に流入する前記冷却水の流量及び水温が設定され、

前記湿球温度を算出できない状態の場合には前記湿球温度を所定の標準温度に設定して前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定し、

前記負荷率を算出できない状態の場合には前記負荷率を所定の標準負荷率に設定して前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定することを特徴とする請求項8に記載の熱源設備制御方法。

【請求項1_3】

前記冷却水の流量及び水温を設定するステップでは、

前記湿球温度を算出できない状態の場合、前記湿球温度が前記標準温度であるときの前記負荷率に対応した前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温が設定され、

前記負荷率を算出できない状態の場合、前記負荷率が前記標準負荷率であるときの前記湿球温度に対応した前記熱源機の運転台数と前記冷却水の流量及び水温を設定が設定されることを特徴とする請求項1_2に記載の熱源設備制御方法。

【請求項1_4】

前記湿球温度を算出できない状態及び前記負荷率を算出できない状態から復帰した場合に、

前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度とから前記湿球温度が算出され、

前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから前記負荷率が算出される状態に戻るステップを備えることを特徴とする請求項8から請求項1_3までのいずれか1項に記載の熱源設備制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱源設備及び熱源設備制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、「1台以上の空調機2_2と、空調機に冷水を供給する冷凍機1_8と、冷凍機に冷却水を供給する冷却塔1_4とを有する空調設備1_0の制御に関する。設定された空調条件を充たす範囲内で、空調設備1_0の消費エネルギー量、運転コスト又は排出二酸化炭素量が最低となるように、少なくとも1台以上の空調機2_2の送風温度、冷凍機1_8の冷水温度及び冷却塔1_4よりの冷却水温度の設定値を変更して最適化する。」と記載されている（要約参照）。

また、特許文献2には、「少なくとも冷却塔出口1_aの冷却水温度および第1熱交換器出口1_1aの冷水温度を入力値とし、冷却塔ファン1_0、ポンプ2_4などの消費電力の合計値を求めるシミュレーションを行うシミュレータ5_1と、前記冷却水温度および前記冷水温度の入力値を変化させてシミュレータ5_1に入力し、そのシミュレーションの結果から前記消費電力の合計値が最小となる前記冷却水温度および前記冷水温度を最適値として取得する最適値取得部5_2と、実際の前記冷却水温度および前記冷水温度を最適値取得部5_2によって取得された最適値に設定する制御値設定部5_3を備えた。」と記載されて

10

20

30

40

50

いる（要約参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-053127号公報

【特許文献2】特開2009-216375号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載される空調設備は、建屋の室内条件を計測する温度計（乾球温度計、湿球温度計）と、外気の条件を計測する温度計（乾球温度計、湿球温度計）を有する。

10

そして空調設備は、これら温度計の測定結果にもとづいて、消費エネルギー量、運転コスト又は排出二酸化炭素量が最低となるように運転される。

また、特許文献2に記載される冷却システムは、外気温湿度センサや室内温度センサ等のセンサを有する。そして冷却システムは、これらセンサの計測値を用いて、消費電力が最小となるように運転される。

【0005】

このように、特許文献1に記載される空調設備、及び特許文献2に記載される冷却システムはセンサの計測値にもとづいて最適に運転される。したがって、特許文献1に記載される空調設備、及び特許文献2に記載される冷却システムは、センサに異常が発生した場合には最適な運転が不可能になり、消費エネルギー量、運転コスト又は排出二酸化炭素量を最低にする運転（特許文献1）、及び、消費電力を最小にする運転（特許文献2）が不可能になる。

20

特許文献1、2ともセンサに異常が発生した場合の対応について記載されていないので、この点において改善の余地がある。

【0006】

そこで本発明は、センサに異常が発生した状態でも最適に近い状態で運転可能な熱源設備及び熱源設備制御方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

前記課題を解決するため本発明は、冷却水を冷却する冷却塔と、前記冷却塔に備わる冷却ファンと、前記冷却塔で冷却された前記冷却水と冷媒が熱交換する第1熱交換器及び前記冷却水と熱交換した後の前記冷媒と負荷から送水される冷温水が熱交換する第2熱交換器を備える熱源機と、前記冷却塔で冷却された前記冷却水を前記熱源機に送水する冷却水ポンプと、前記冷温水を前記負荷から前記熱源機に送水する冷温水ポンプと、前記熱源機に流入する前記冷温水の流量を計測する冷温水流量センサと、前記熱源機に流入する前記冷温水の入口温度を計測する冷温水入口温度センサと、前記熱源機から送出される前記冷温水の出口温度を計測する冷温水出口温度センサと、外気温度センサ及び外気湿度センサと、前記冷却ファン、前記冷却水ポンプ及び前記冷温水ポンプの駆動で環境に与える負荷を定量化した評価関数を設定するとともに、前記評価関数が最小になるように前記冷却ファン及び前記冷却水ポンプを制御する制御装置と、を有し、前記制御装置は、前記外気温度センサが計測する大気の乾球温度と前記外気湿度センサが計測する大気の相対湿度とから算出する大気の湿球温度にもとづくとともに、前記冷温水流量センサが計測する前記冷温水の流量と前記冷温水出口温度センサが計測する前記冷温水の水温と前記冷温水入口温度センサが計測する前記冷温水の水温とから算出する前記熱源機の負荷率にもとづいて、前記評価関数を最小にするような前記冷却水の流量及び水温を設定し、設定した前記冷却水の流量を維持するように前記冷却水ポンプを制御し、設定した前記冷却水の水温を維持するように前記冷却ファンを制御し、前記湿球温度を算出できない状態の場合には前記湿球温度を所定の標準温度に設定して前記冷却水の流量及び水温を設定し、前記負荷率を算出できない状態の場合には前記負荷率を所定の標準負荷率に設定して前記冷却水の流量及

40

50

び水温を設定し、前記外気湿度センサに異常が発生した場合には、前記相対湿度の所定値と前記外気温度センサが計測する前記乾球温度とから前記湿球温度を算出し、前記外気湿度センサに異常が発生した場合には、前記乾球温度として想定し得る最高温度と前記外気湿度センサが計測する前記相対湿度とから前記湿球温度を算出し、前記外気湿度センサと前記外気温度センサに異常が発生した場合には、前記湿球温度を算出できない状態であると判定して前記湿球温度を前記標準温度に設定することを特徴とする。また、制御装置が熱源設備を制御するときの熱源設備制御方法とする。

その他の解決手段は実施形態中において適宜記載する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によると、センサに異常が発生した状態でも最適に近い状態で運転可能な熱源設備及び熱源設備制御方法を提供できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】熱源設備を示す図である。

【図2】冷却水の温度及び流量と一次エネルギーの関係を示すグラフと、冷温水の流量と一次エネルギーの関係を示すグラフと、を記載した図である。

【図3】(a)は外気湿球温度と熱源機負荷率に対応する冷却水の最適な流量を示す冷却水流量マップの一例を示す図、(b)は外気湿球温度と熱源機負荷率に対応する冷却水の最適な水温を示す冷却水温マップの一例を示す図である。

20

【図4】制御装置の機能ブロック図である。

【図5】制御装置が熱源設備を制御するフローを示すフローチャートである。

【図6】熱源機負荷率と、冷却水流量の相関関係の一例を示すグラフである。

【図7】実施例2において制御装置が熱源設備を制御するフロー(その1)を示す図である。

【図8】実施例2において制御装置が熱源設備を制御するフロー(その2)を示す図である。

【図9】実施例3に係る熱源設備を示す図である。

【図10】熱源機の負荷率と熱源設備の一次エネルギーの関係を示す図である。

【図11】台数制御用冷却水流量マップを示す図である。

30

【図12】台数制御用冷却水温マップを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施例に係る熱源設備について、適宜図を参照して詳細に説明する。なお、以下に示す各図面では、共通する部材には同一の符号を付して重複する説明を適宜省略する。

【実施例1】

【0011】

図1は熱源設備を示す図である。

図1に示すように、熱源設備1は制御装置5で制御される。

40

熱源設備1には、冷却塔2と、冷却水ポンプ4と、熱源機3と、往ヘッダ(熱源側往ヘッダ31a, 負荷側往ヘッダ32a)と、還ヘッダ(熱源側還ヘッダ31b, 負荷側還ヘッダ32b)と、冷温水ポンプ(冷温水一次ポンプ33, 冷温水二次ポンプ34)と、が備わっている。負荷側往ヘッダ32aと負荷側還ヘッダ32bには負荷10が接続されている。

なお、熱源側往ヘッダ31aと、熱源側還ヘッダ31bとは、バイパス配管41によって接続されている。

【0012】

冷却水ポンプ4はインバータ4iを有し回転速度制御が可能に構成される。

冷却塔2は冷却ファン20を有する。冷却ファン20はインバータ20iを有し回転速

50

度制御が可能に構成される。冷却塔 2 には、冷却水ポンプ 4 によって熱源機 3 から冷却水 W_c が送水される。冷却塔 2 に送水された冷却水 W_c は、冷却ファン 20 の駆動で送風される外気との熱交換で冷却されて熱源機 3 に戻る。

【0013】

冷温水二次ポンプ 34 は熱源側往ヘッダ 31a と負荷側往ヘッダ 32a の間に配設され、熱源側往ヘッダ 31a から負荷側往ヘッダ 32a に冷温水 W_{hc} を送水する。また、冷温水一次ポンプ 33 は熱源側還ヘッダ 31b と熱源機 3 の間に配設され、熱源側還ヘッダ 31b から熱源機 3 に冷温水 W_{hc} を送水する。

冷温水一次ポンプ 33 と冷温水二次ポンプ 34 は、それぞれインバータ 33i, 34i を有し、回転速度制御が可能になっている。

10

【0014】

なお、還ヘッダ（熱源側還ヘッダ 31b, 熱源側往ヘッダ 32b）が備わらない構成であってもよい。この場合、冷温水 W_{hc} は、冷温水一次ポンプ 33 によって負荷 10 から熱源機 3 に直接送水される。また、往ヘッダ（熱源側往ヘッダ 31a, 負荷側往ヘッダ 32a）が備わらず冷温水二次ポンプ 34 が備わらない構成であってもよい。この場合、熱源機 3 で冷却された冷温水 W_{hc} が負荷 10 に直接送水される。

【0015】

熱源機 3 は、例えばターボ冷凍機である。熱源機 3（ターボ冷凍機）は、圧縮機（遠心圧縮機 30a）と、第1熱交換器 30b と、膨張弁 30c と、第2熱交換器 30d と、が冷媒管 30e で接続されている。冷媒管 30e には冷媒 R 1 が封入されている。

20

実施例 1 の熱源設備 1 において、第1熱交換器 30b は凝縮器であって第2熱交換器 30d は蒸発器になる。

遠心圧縮機 30a は第2熱交換器 30d（蒸発器）で蒸発（気化）した冷媒 R 1 を圧縮して第1熱交換器 30b（凝縮器）に送り込む。第1熱交換器 30b に送り込まれた冷媒 R 1 は、冷却塔 2 から送水される冷却水 W_c との熱交換で冷却されて凝縮（液化）する。第1熱交換器 30b で液化した冷媒 R 1 は膨張弁 30c で減圧されて第2熱交換器 30d（蒸発器）に流入する。第2熱交換器 30d に流入した冷媒 R 1 は熱源側還ヘッダ 31b から送水される冷温水 W_{hc} との熱交換で蒸発（気化）し、遠心圧縮機 30a で圧縮されて第1熱交換器 30b に送り込まれる。

【0016】

30

このように、熱源機 3（ターボ冷凍機）では、冷媒 R 1 によって冷温水 W_{hc} が冷却される。熱源機 3 で冷却された冷温水 W_{hc} は熱源側往ヘッダ 31a に送水されて貯留される。これによって、熱源側往ヘッダ 31a に冷熱が蓄積される。

【0017】

負荷側往ヘッダ 32a と負荷側還ヘッダ 32b には負荷 10 が接続される。そして、負荷 10 の要求に応じて負荷側往ヘッダ 32a に貯留されている冷温水 W_{hc} が負荷 10 に供給される。負荷 10 は供給された冷温水 W_{hc} で被冷却物（図示せず）を冷却し、これによって冷温水 W_{hc} の水温が高くなる（昇温する）。つまり、冷温水は負荷 10 で加熱される。昇温した冷温水 W_{hc} は負荷側還ヘッダ 32b に送水されて貯留される。

そして、冷温水一次ポンプ 33 によって熱源側還ヘッダ 31b の冷温水 W_{hc} が熱源機 3 に送水されるときに負荷側還ヘッダ 32b に貯留されている冷温水 W_{hc} が熱源側還ヘッダ 31b に流入する。

40

【0018】

熱源設備 1 は、外気温度センサ S_{ns1} と、外気湿度センサ S_{ns2} と、冷却塔出口温度センサ S_{ns3} と、冷却塔入口温度センサ S_{ns4} と、還水温センサ（冷温水入口温度センサ） S_{ns6} と、往水温センサ（冷温水出口温度センサ） S_{ns7} と、冷温水流量センサ S_{ns8} と、の各センサを有する。

【0019】

外気温度センサ S_{ns1} は、熱源設備 1 が設置される環境における外気の気温（乾球温度）を計測し、計測信号（外気温度信号 S_{sig1} ）を出力する。外気温度信号 S_{sig1} は

50

制御装置 5 に入力される。

外気湿度センサ S n s 2 は、熱源設備 1 が設置される環境における外気の湿度（相対湿度）を計測し、計測信号（外気湿度信号 S i g 2 ）を出力する。外気湿度信号 S i g 2 は制御装置 5 に入力される。

冷却塔出口温度センサ S n s 3 は、冷却塔 2 から熱源機 3 に送水される冷却水 W c の水温を計測し、計測信号（冷却塔出口温度信号 S i g 3 ）を出力する。冷却塔出口温度信号 S i g 3 は制御装置 5 に入力される。

冷却塔入口温度センサ S n s 4 は、熱源機 3 から冷却塔 2 に送水される冷却水 W c の水温を計測し、計測信号（冷却塔入口温度信号 S i g 4 ）を出力する。冷却塔入口温度信号 S i g 4 は制御装置 5 に入力される。冷却塔入口温度センサ S n s 4 によって計測される温度を、冷却塔入口温度と適宜称する。10

【 0 0 2 0 】

熱源機 3 は、制御装置 5 で運転状態の監視と運転停止を行う（図示せず）。

還水温センサ S n s 6 は、熱源側還ヘッダ 3 1 b における冷温水 W h c の水温を計測し、計測信号（還水温信号 S i g 6 ）を出力する。還水温信号 S i g 6 は制御装置 5 に入力される。

往水温センサ S n s 7 は、負荷側往ヘッダ 3 2 a における冷温水 W h c の水温を計測し、計測信号（往水温信号 S i g 7 ）を出力する。往水温信号 S i g 7 は制御装置 5 に入力される。

冷温水流量センサ S n s 8 は、負荷側還ヘッダ 3 2 b から熱源側還ヘッダ 3 1 b に向かって流れる冷温水 W h c の流量（還水流量）を計測し、計測信号（還水流量信号 S i g 8 ）を出力する。還水流量信号 S i g 8 は制御装置 5 に入力される。20

【 0 0 2 1 】

制御装置 5 は、熱源機 3 、冷温水一次ポンプ 3 3 、冷却水ポンプ 4 、冷却塔 2 等の各構成機器の運転特性、及び、冷温水 W h c や冷却水 W c が配管を流れるときに生じる抵抗特性にもとづいて、熱源設備 1 における一次エネルギー、二酸化炭素排出量、又はエネルギー使用量（運転コスト）を評価するための評価関数 W を演算する。

【 0 0 2 2 】

制御装置 5 は、冷温水一次ポンプ 3 3 に接続される配管による冷温水 W h c の圧力損失を予測又は実測した結果にもとづいて揚程（ポンプ揚程）を算出し、ポンプ揚程と冷温水 W h c の流量との関係から冷温水一次ポンプ 3 3 の動力を算出する。さらに、制御装置 5 は、冷温水一次ポンプ 3 3 の性能にもとづいて動力に対するエネルギー消費量を算出する。30

【 0 0 2 3 】

また、制御装置 5 は、冷却水ポンプ 4 に接続される配管による冷却水 W c の圧力損失を予測又は実測した結果にもとづいてポンプ揚程を算出し、ポンプ揚程と冷却水 W c の流量との関係から冷却水ポンプ 4 の動力を算出する。さらに、制御装置 5 は、冷却水ポンプ 4 の性能にもとづいて動力に対するエネルギー消費量を算出する。

【 0 0 2 4 】

また、制御装置 5 は、一般的な冷却塔のエンタルピ基準総括容積伝達係数と冷却塔性能近似式にもとづいて冷却塔 2 の性能を予測する。この方法は公知の技術を適用することができる。40

【 0 0 2 5 】

そして制御装置 5 は、熱源設備 1 を運転するときの一次エネルギー、二酸化炭素排出量、又は運転コストを評価する評価関数 W が最小となる制御目標値を設定する。

【 0 0 2 6 】

例えば、評価関数 W は下式（1）で示される。

$$W = C_e \cdot E_{ref} + C_g \cdot G_{ref} + C_e \cdot E_{cp} + C_e \cdot E_{cwp} + C_e \cdot E_{ct} \quad \dots \quad (1)$$

E_{ref} : 热源機 3 の電力消費量

G_{ref} : 热源機 3 の燃料消費量

E_{cp} : 冷温水一次ポンプ 3 3 の電力消費量

10

20

30

40

50

E_{cwp} : 冷却水ポンプ 4 の電力消費量

E_{ct} : 冷却塔 2 (冷却ファン 20) の電力消費量

C_e : 電力消費量の換算係数

C_g : 燃料消費量の換算係数

【0027】

なお、評価関数 W における換算係数 C_e は、電力消費量を一次エネルギー、二酸化炭素排出量、又は運転コストに換算するための係数である。また、評価関数 W における換算係数 C_g は、燃料消費量を一次エネルギー、二酸化炭素排出量、又はエネルギー使用量（運転コスト）に換算するための係数である。

【0028】

実施例 1 における評価関数 W は、熱源機 3、冷温水一次ポンプ 33、冷却水ポンプ 4、冷却塔 2 (冷却ファン 20) が駆動するときの一次エネルギー、二酸化炭素排出量、又はエネルギー使用量を評価するための評価関数になる。

一次エネルギー、二酸化炭素排出量、エネルギー使用量は環境に与える負荷を示す指標であるので、実施例 1 における評価関数 W は、熱源機 3、冷温水一次ポンプ 33、冷却水ポンプ 4、冷却塔 2 (冷却ファン 20) の駆動で環境に与える負荷を定量化したものとなる。

【0029】

例えば、一次エネルギーが最小となるように熱源設備 1 を運転する場合、制御装置 5 は一次エネルギーを示す評価関数 W を評価する。この場合、式 (1) の評価関数 W における「 C_e 」は電力消費量を一次エネルギーに変換する換算係数であり、「 C_g 」は燃料消費量を一次エネルギーに変換する換算係数である。そして、制御装置 5 は、評価関数 W (一次エネルギー) が最小になるように、熱源機 3 と、冷温水一次ポンプ 33 と、冷却水ポンプ 4 と、冷却塔 2 (冷却ファン 20) と、の運転条件を設定する。

【0030】

冷却水ポンプ 4 は回転速度制御可能に構成されているので、制御装置 5 は単位時間当たりの回転速度を制御量として冷却水ポンプ 4 を制御する。具体的に、制御装置 5 は冷却水ポンプ 4 の回転速度を制御信号で変化させて冷却水ポンプ 4 を制御する。同様に、冷却塔 2 の冷却水温目標値を制御装置 5 に設定する。制御装置 5 は回転速度を制御量として冷却ファン 20 を制御する。制御装置 5 は冷却水 W_c の水温が冷却水温目標値となるよう冷却ファン 20 の回転速度を制御信号で変化させて冷却ファン 20 を制御してもよい。

シミュレータ 5a は、後記する冷却水流量マップ MP_1 及び冷却水温マップ MP_2 を生成し、生成した冷却水流量マップ MP_1 及び冷却水温マップ MP_2 を制御装置 5 に送る。制御装置 5 に送られた冷却水流量マップ MP_1 及び冷却水温マップ MP_2 は、制御装置 5 のメモリ (不図示) 等に格納される。

【0031】

図 2 は冷却水の温度及び流量と一次エネルギーの関係を示すグラフと、冷温水の流量と一次エネルギーの関係を示すグラフと、を記載した図である。

図 2 に示すように、冷却水 W_c の流量 (冷却水流量 F_{wc}) を小さくすると、冷却水 W_c を送り出す冷却水ポンプ 4 (図 1 参照) の一次エネルギーは減少するが、熱源機 3 に供給される冷却水流量 F_{wc} が小さくなるので熱源設備 1 (図 1 参照) の COP (Coefficient of Performance) が下がって一次エネルギーが大きくなる。なお、熱源設備 1 の COP は、熱源機 3 の冷却量を熱源機 3、冷却水ポンプ 4、冷却ファン 20 及び冷温水一次ポンプ 33 の消費エネルギーの和で除した値である。

また、冷却水 W_c の温度 (冷却塔 2 から流出する冷却水 W_c の温度であり、「冷却塔出口温度 T_{2out} 」と称する) を高くすると冷却塔 2 の一次エネルギーは小さくなるが、熱源機 3 の一次エネルギーが大きくなる。

また、冷温水 W_{hc} の流量 (冷温水流量 F_{whc}) が小さくなつて冷温水一次ポンプ 33 (図 1 参照) の一次エネルギーが小さくなる。

【0032】

そして、冷却塔 2 (図 1 参照) の一次エネルギーと、熱源機 3 (図 1 参照) の一次エネル

10

20

30

40

50

ギと、冷却水ポンプ4(図1参照)の一次エネルギーと、冷温水一次ポンプ33(図1参照)の一次エネルギーと、の合計値は図2に破線Te「総合エネルギーTe」で示すように変化する。総合エネルギーTeが熱源設備1(図1参照)の一次エネルギーになる。

【0033】

制御装置5(図1参照)は、総合エネルギーTeが最小となる点(最適点TP1)における冷却水Wcの水温と流量を、「冷却水温目標値」及び「冷却水流量目標値」に設定する。そして、制御装置5(図1参照)は、冷却塔出口温度T2outが「冷却水温目標値」になるように、冷却塔2の冷却ファン20(図1参照)を回転速度制御する。また、制御装置5は、冷却水流量Fwcが「冷却水流量目標値」になるように冷却水ポンプ4(図1参照)を回転速度制御する。

10

【0034】

また、制御装置5(図1参照)は、最適点TP1における冷温水流量Fwhcを「冷温水流量目標値」に設定する。そして、制御装置5(図1参照)は、冷温水流量Fwhcが「冷温水流量目標値」になるように、冷温水一次ポンプ33(図1参照)を回転速度制御する。なお、制御装置5は、冷温水流量目標値を設定しなくてもよい。

つまり、制御装置5は、冷却塔出口温度T2outが冷却水温目標値を維持するような回転速度で冷却ファン20を駆動し、冷却水流量Fwcが冷却水流量目標値となるような回転速度で冷却水ポンプ4を駆動する。また、制御装置5は、冷温水流量Fwhcが冷温水流量目標値となるような回転速度で冷温水一次ポンプ33を駆動する。

20

【0035】

このように、実施例1の制御装置5は、「冷却水温目標値」と「冷却水流量目標値」と「冷温水流量目標値」を制御目標値とし、冷却ファン20の回転速度と冷却水ポンプ4の回転速度と冷温水一次ポンプ33の回転速度を制御量として熱源設備1を制御する。

【0036】

このような、冷却水温目標値と冷却水流量目標値と冷温水流量目標値の組み合わせ(つまり、総合エネルギーTeが最小となる冷却塔出口温度T2outと冷却水流量Fwcと冷温水流量Fwhcの組み合わせ)は、図1に示すような冷却塔2を備える熱源設備1においては、当該熱源設備1が設置される環境の湿球温度(外気湿球温度TaW)と、熱源機3の負荷率(熱源機負荷率Wrk)と、に応じて変化する。したがって、制御装置5は、熱源設備1が設置される環境の外気湿球温度TaWと、熱源機負荷率Wrkと、に応じて、冷却塔出口温度T2outの目標値(冷却水温目標値)と、冷却水流量Fwcの目標値(冷却水流量目標値)と、冷温水流量Fwhcの目標値(冷温水流量目標値)と、を設定する。

30

【0037】

なお、図1に示す熱源機3の負荷率(熱源機負荷率Wrk)は、熱源側還ヘッダ31bから熱源機3に向かって流れる冷温水Whcの水温(熱源機入口温度Tin)と、熱源機3から熱源側往ヘッダ31aに向かって流れる冷温水Whcの水温(熱源機出口温度Toout)と、冷温水Whcの流量(冷温水流量Fwhc)とを基に算出される冷却負荷を熱源機3の定格能力で除したものである。

また、外気湿球温度TaWは、外気温度(外気乾球温度TaD)と外気の相対湿度(外気湿度Ha)から算出される。外気湿度Haは、外気乾球温度TaDと外気湿球温度TaWの偏差と相關しているので、この相関関係にもとづいて外気湿球温度TaWが算出される。

40

【0038】

図3の(a)は外気湿球温度と熱源機負荷率に対応する冷却水の最適な流量(冷却水流量Fwc)を示す冷却水流量マップの一例を示す図、(b)は外気湿球温度と熱源機負荷率に対応する冷却水の最適な水温(冷却塔出口温度T2out)を示す冷却水温マップの一例を示す図である。なお、図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1は、冷却水ポンプ4の定格流量に対する割合(流量比)で冷却水流量Fwcが示されている。ここでいう定格流量は、冷却水ポンプ4が定格運転されるときの流量である。また、定格運転は、設

50

計値として設定されている所定の回転速度での運転を示す。

【0039】

例えば、図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1には、熱源機負荷率Wrkが60%で外気湿球温度Tawが27の場合、冷却水ポンプ4の定格流量の50%が冷却水流量Fwcの最適値となることが示されている。

また、図3の(b)に示す冷却水温マップMP2には、熱源機負荷率Wrkが60%で外気湿球温度Tawが27の場合、27.5が冷却塔出口温度T2outの最適値となることが示されている。

【0040】

図1に示す制御装置5は、外気温度センサSns1から入力される外気温度信号Sиг1から外気乾球温度Tadを算出(取得)する。また、制御装置5は、外気湿度センサSns2から入力される外気湿度信号Sиг2から外気湿度Haを算出(取得)する。そして、取得した外気乾球温度Tadと外気湿度Haから外気湿球温度Tawを算出(取得)する。

10

【0041】

また、制御装置5は、還水温センサSns6から入力される還水温信号Sиг6から、負荷側還ヘッダ32bから熱源側還ヘッダ31bに流入する冷温水Whcの水温を算出(取得)し、この水温を熱源機入口温度Tinとする。さらに、制御装置5は、往水温センサSns7から入力される往水温信号Sиг7にもとづき、負荷側往ヘッダ32aから負荷10に流入する冷温水Whcの水温を算出(取得)し、この水温を熱源機出口温度Totとする。

20

さらに、制御装置5は、冷温水流量センサSns8から入力される還水流量信号Sиг8にもとづき冷温水Whcの流量を算出(取得)し、この流量を冷温水流量Fwhcとする。そして制御装置5は、取得した熱源機入口温度Tinと熱源機出口温度Totと冷温水流量Fwhcとから熱源機負荷率Wrkを算出(取得)する。

【0042】

制御装置5は、取得した外気湿球温度Tawと熱源機負荷率Wrkに対応する冷却水流量Fwcを冷却水流量マップMP1から選択し、選択した冷却水流量Fwcを冷却水の流量の目標値(冷却水流量目標値)に設定する。

30

また、制御装置5は、取得した外気湿球温度Tawと熱源機負荷率Wrkに対応する冷却塔出口温度T2outを冷却水温マップMP2から選択し、選択した冷却塔出口温度T2outを冷却水の水温の目標値(冷却水温目標値)に設定する。

【0043】

また、図示はしないが、冷温水流量Fwhcについても熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawに対応した最適値が設定されたマップ(冷温水流量マップ)が設定されている。そして、制御装置5は、取得した外気湿球温度Tawと熱源機負荷率Wrkに対応する冷温水流量Fwhcを当該冷温水流量マップから選択し、選択した冷温水流量Fwhcを冷温水流量目標値に設定する。

【0044】

なお、制御装置5は外気湿球温度Tawや熱源機負荷率Wrkが、冷却水流量マップMP1に示される値の中間値の場合、線形補間によって冷却水流量Fwcを選択する。例えば、熱源機負荷率Wrkが65%で外気湿球温度Tawが26と27の間である場合、制御装置5は、26に対する冷却水流量Fwc(50%)と、27に対する冷却水流量Fwc(60%)と、の間を線形補間して、外気湿球温度Tawに対応する冷却水流量Fwcを50%と60%の間で算出する。

40

制御装置5は、熱源機負荷率Wrkが中間値である場合も同様の線形補間によって冷却水流量Fwcを選択する。

また、制御装置5は、冷却水温マップMP2においても同様にして、外気湿球温度Tawや熱源機負荷率Wrkが中間値である場合の冷却塔出口温度T2outを算出する。

【0045】

50

図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1、図3の(b)に示す冷却水温マップMP2は、熱源設備1における一次エネルギーを示す評価関数Wが最小になるように予め値を設定しておく。前記したように、冷却水流量マップMP1及び冷却水温マップMP2は、シミュレータ5aによって、計算されたものが制御装置5に送られることによって、制御装置5に格納されている。

【0046】

シミュレータ5aは、熱源機負荷率W_{rk}を最小値から最大値まで変化させるとともに外気湿球温度T_{aw}を最小値から最大値まで変化させる。例えば、シミュレータ5aは熱源機負荷率W_{rk}を50%から100%の間を5%間隔で変化させる。また、シミュレータ5aは外気湿球温度T_{aw}をマイナス10からプラス30の間を1間隔で変化させる。そしてシミュレータ5aは、式(1)の評価関数Wにおける「E_{ref}(熱源機3の電力消費量)」と、「G_{ref}(熱源機3の燃料消費量)」と、「E_{cpl}(冷温水一次ポンプ33の電力消費量)」と、「E_{cwp}(冷却水ポンプ4の電力消費量)」と、「E_{ct}(冷却塔2の電力消費量)」と、を熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}との組み合わせごとに算出する。

【0047】

さらに、シミュレータ5aは、算出したG_{ref}に、燃料消費量を一次エネルギーに変換する換算係数「C_g」を乗算し、算出したE_{ref}、E_{cpl}、E_{cwp}、E_{ct}のそれぞれに、電力消費量を一次エネルギーに変換する換算係数「C_e」を乗算して、一次エネルギーを評価するための評価関数Wを算出する。

このときシミュレータ5aは、冷却水流量F_{wc}と冷却塔出口温度T_{2out}を様々に変化させながら電力消費量(E_{ref}、E_{cpl}、E_{cwp}、E_{ct})と燃料消費量(G_{ref})を算出し、評価関数W(一次エネルギー)が最小になる冷却水流量F_{wc}と冷却塔出口温度T_{2out}と冷温水流量F_{whc}を抽出する。このようにして抽出された冷却水流量F_{wc}が熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}の組み合わせごとに配置されて図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1が設定される。また、このようにして抽出された冷却塔出口温度T_{2out}が熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}の組み合わせごとに配置されて図3の(b)に示す冷却水温マップMP2が設定される。さらに、抽出された冷温水流量F_{whc}が熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}の組み合わせごとに配置されて図示しない冷温水流量マップが設定される。冷却水温マップMP2は予め外気湿球温度T_{aw}と負荷率(熱源機負荷率W_{rk})のすべての組み合わせについて予めシミュレータ5aが計算することによって、設定される。

【0048】

以上のように構成される、図1に示す熱源設備1において、外気温度センサS_{ns1}又は外気湿度センサS_{ns2}に異常が発生する等して、制御装置5に外気温度信号S_{sig1}と外気湿度信号S_{sig2}の少なくとも一方が正常に入力されない場合、制御装置5は外気湿球温度T_{aw}を算出(取得)できない。

また、還水温センサS_{ns6}、往水温センサS_{ns7}、又は冷温水流量センサS_{ns8}に異常が発生する等して、制御装置5に、還水温信号S_{sig6}と往水温信号S_{sig7}と還水流量信号S_{sig8}の少なくとも1つが正常に入力されない場合、制御装置5は熱源機負荷率W_{rk}を算出(取得)できない。

【0049】

実施例1の制御装置5は、外気温度センサS_{ns1}又は外気湿度センサS_{ns2}に異常が発生する等して外気湿球温度T_{aw}を算出(取得)できない場合、外気湿球温度T_{aw}を算出できない状態であると判定し、図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1において外気湿球温度T_{aw}を所定の標準温度(例えば、27)に設定(固定)する。同様に、制御装置5は図3の(b)に示す冷却水温マップMP2において外気湿球温度T_{aw}を所定の標準温度に設定(固定)し、図示しない冷温水流量マップにおいて外気湿球温度T_{aw}を所定の標準温度に設定(固定)する。

【0050】

10

20

30

40

50

そして、制御装置 5 は、外気湿球温度 T_{aw} が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率 W_{rk} に応じて、冷却水流量マップ MP 1 から冷却水流量 F_{wc} を選択し、これを冷却水流量目標値に設定する。また、制御装置 5 は、外気湿球温度 T_{aw} が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率 W_{rk} に応じて、冷却水温マップ MP 2 から冷却塔出口温度 T_{2out} を選択し、これを冷却水温目標値に設定する。さらに、制御装置 5 は、外気湿球温度 T_{aw} が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率 W_{rk} に応じて、冷温水流量マップ（図示せず）から冷温水流量 F_{whc} を選択し、これを冷温水流量目標値に設定する。

【 0 0 5 1 】

図 3 の (a) に示す一例で所定の標準温度を 27 とした場合、制御装置 5 は、熱源機負荷率 W_{rk} が 60 % であれば冷却水流量 F_{wc} として 50 % を選択し、熱源機負荷率 W_{rk} が 65 % であれば冷却水流量 F_{wc} として 60 % を選択する。そして制御装置 5 は、冷却水流量マップ MP 1 から選択した冷却水流量 F_{wc} を冷却水流量目標値に設定する。

また、図 3 の (b) に示す一例で所定の標準温度を 27 とした場合、ミュレータ 5a は、熱源機負荷率 W_{rk} が 60 % であれば冷却塔出口温度 T_{2out} として 27.5 を選択し、熱源機負荷率 W_{rk} が 65 % であれば冷却塔出口温度 T_{2out} として 27.6 を選択する。そして制御装置 5 は、冷却水温マップ MP 2 から選択した冷却塔出口温度 T_{2out} を冷却水温目標値に設定する。

【 0 0 5 2 】

また、制御装置 5 は、還水温センサ Sns6 や往水温センサ Sns7 や冷温水流量センサ Sns8 に異常が発生する等して熱源機負荷率 W_{rk} を算出（取得）できない場合、熱源機負荷率 W_{rk} を算出できない状態であると判定し、図 3 の (a) に示す冷却水流量マップ MP 1 において熱源機負荷率 W_{rk} を所定の標準負荷率（例えば、100 %）に設定（固定）する。同様に、制御装置 5 は、図 3 の (b) に示す冷却水温マップ MP 2 において熱源機負荷率 W_{rk} を所定の標準負荷率に設定（固定）し、図示しない冷温水流量マップにおいて熱源機負荷率 W_{rk} を所定の標準負荷率に設定（固定）する。

【 0 0 5 3 】

そして、制御装置 5 は、熱源機負荷率 W_{rk} が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 T_{aw} に応じて、冷却水流量マップ MP 1 から冷却水流量 F_{wc} を選択し、これを冷却水流量目標値に設定する。また、制御装置 5 は、熱源機負荷率 W_{rk} が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 T_{aw} に応じて、冷却水温マップ MP 2 から冷却塔出口温度 T_{2out} を選択し、これを冷却水温目標値に設定する。さらに、制御装置 5 は、熱源機負荷率 W_{rk} が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 T_{aw} に応じて、冷温水流量マップ（図示せず）から冷温水流量 F_{whc} を選択し、これを冷温水流量目標値に設定する。

【 0 0 5 4 】

図 3 の (a) に示す一例で所定の標準負荷率を 100 % とした場合、制御装置 5 は、外気湿球温度 T_{aw} がマイナス 9 であれば冷却水流量 F_{wc} として 50 % を選択し、外気湿球温度 T_{aw} が 27 であれば冷却水流量 F_{wc} として 100 % を選択する。そして制御装置 5 は、冷却水流量マップ MP 1 から選択した冷却水流量 F_{wc} を冷却水流量目標値に設定する。

また、図 3 の (b) に示す一例で所定の標準負荷率を 100 % とした場合、制御装置 5 は、外気湿球温度 T_{aw} がマイナス 9 であれば冷却塔出口温度 T_{2out} として 12 を選択し、外気湿球温度 T_{aw} が 27 であれば冷却塔出口温度 T_{2out} として 27.8 を選択する。そして制御装置 5 は、冷却水温マップ MP 2 から選択した冷却塔出口温度 T_{2out} を冷却水温目標値に設定する。

冷却塔入口温度センサ Sns4 によって計測される冷却塔入口温度が熱源機 3 の許容する設定値よりも高い場合、制御装置 5 は冷却水 W_c の流量を最大流量とする。冷却塔入口温度センサ Sns4 のセンサ異常の場合にも同様とする。

【 0 0 5 5 】

図 4 は制御装置の機能ブロック図である。

10

20

30

40

50

図4に示すように、制御装置5は、データ取込部50、データ収集・検証部51、最適演算部52、及びローカル制御部53を有する。

【0056】

データ取込部50は、図1に示す各センサ（外気温度センサSns1、外気湿度センサSns2、冷却塔出口温度センサSns3、冷却塔入口温度センサSns4、還水温センサSns6、往水温センサSns7、冷温水流量センサSns8）が出力する計測信号（外気温度信号Sig1、外気湿度信号Sig2、冷却塔出口温度信号Sig3、冷却塔入口温度信号Sig4、還水温信号Sig6、往水温信号Sig7、還水流量信号Sig8）を取り込むインターフェースとして機能する。

【0057】

データ収集・検証部51は、データ取込部50が取り込んだ各計測信号の異常を判定する。データ収集・検証部51は、計測信号が所定のセンサから入力されない場合、計測信号がハイレベル又はローレベルで固定された場合、計測信号が不規則に振動している場合等に、当該計測信号に異常が発生したと判定する。

【0058】

最適演算部52は、熱源機設定部52aと、冷温水流量比処理部52bと、冷温水往温度処理部52cと、冷却水流量比処理部52dと、冷却塔出口温度処理部52eと、を有する。

熱源機設定部52aは、熱源機3（図1参照）が複数台備わる場合の運転台数や優先順位、運転台数を変更する閾値を演算する。

冷温水流量比処理部52bは、冷温水一次ポンプ33を回転速度制御するための制御信号を設定して出力する。また、冷温水流量比処理部52bは、冷温水流量目標値を設定する。

冷温水往温度処理部52cは、熱源機3から送出される冷温水Whcの水温（熱源機出口温度Tout）を設定する。

冷却水流量比処理部52dは冷却水流量目標値を設定する。

冷却塔出口温度処理部52eは冷却水温目標値を設定する。

【0059】

実施例1においては、冷却水流量比処理部52dは、熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawと冷却水流量マップMP1にもとづいて冷却水流量目標値を設定する。また、冷却塔出口温度処理部52eは、熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawと冷却水温マップMP2にもとづいて冷却水温目標値を設定する。さらに、冷温水流量比処理部52bは熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawと冷温水流量マップ（図示せず）とともにとづいて冷温水流量目標値を設定する。

【0060】

ローカル制御部53は、冷却ファン20等の制御対象をフィードバック制御する。

ローカル制御部53は、冷却水流量比処理部52dが設定する流量比（冷却水流量目標値）に対応する回転速度で冷却水ポンプ4を駆動するための制御信号を冷却水ポンプ4にに対して出力する。

また、ローカル制御部53は、冷却塔出口温度処理部52eが設定する冷却塔出口温度T2out（冷却水温目標値）が維持されるように冷却ファン20を駆動する。ローカル制御部53は、冷却塔出口温度センサSns3から出力される冷却塔出口温度信号Sig3をフィードバック信号として冷却ファン20の回転速度を調節し、冷却塔出口温度T2outを冷却水温目標値に維持する。

さらにローカル制御部53は、冷温水流量処理部52fが設定する冷温水流量Fhc（冷温水流量目標値）となるように冷温水一次ポンプ33を駆動する。

【0061】

制御装置5は、熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawと冷却水流量マップMP1（図3の（a）参照）にもとづいて冷却水流量目標値を設定する。また、制御装置5は、熱源機負荷率Wrkと外気湿球温度Tawと冷却水温マップMP2（図3の（b）参照）に

10

20

30

40

50

もとづいて冷却水温目標値を設定する。さらに制御装置5は、熱源機負荷率W_{r k}と外気湿球温度T_{a w}と冷温水流量マップ(図示せず)とともにとづいて冷温水流量目標値を設定する。

【0062】

また、制御装置5はデータ収集・検証部51を有する。データ収集・検証部51はデータ取込部50で取り込まれた各計測信号の異常を判定する。

データ収集・検証部51が、外気温度信号S_{ig 1}と外気湿度信号S_{ig 2}の少なくとも一方に異常が発生したと判定した場合、制御装置5は外気湿球温度T_{a w}の算出(取得)が不可能な状態と判定する。

この場合、制御装置5冷却水流量比処理部52dは外気湿球温度T_{a w}を所定の標準温度(例えば、27)に設定(固定)する。そして冷却水流量比処理部52dは、外気湿球温度T_{a w}が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率W_{r k}に対応する流量比(冷却水流量F_{w c})を冷却水流量マップMP1にもとづいて選択し、選択した流量比を冷却水流量目標値に設定する。10

制御装置5冷却塔出口温度処理部52eは外気湿球温度T_{a w}を所定の標準温度(例えば、27)に設定(固定)する。そして冷却塔出口温度処理部52eは、外気湿球温度T_{a w}が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率W_{r k}に対応する冷却塔出口温度T_{2 out}を冷却水温マップMP2にもとづいて選択し、選択した冷却塔出口温度T_{2 out}を冷却水温目標値に設定する。

また、冷温水流量比処理部52bは外気湿球温度T_{a w}を所定の標準温度(例えば、27)に設定(固定)する。そして冷温水流量比処理部52bは、外気湿球温度T_{a w}が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率W_{r k}に対応する冷温水流量F_{w h c}を図示しない冷温水流量マップにもとづいて選択し、選択した冷温水流量F_{w h c}を冷温水流量目標値に設定する。20

【0063】

また、データ収集・検証部51が、還水温信号S_{ig 6}と往水温信号S_{ig 7}と還水流量信号S_{ig 8}の少なくとも1つに異常が発生したと判定した場合、制御装置5は熱源機負荷率W_{r k}の算出(取得)が不可能な状態と判定する。

この場合、冷却水流量比処理部52dは熱源機負荷率W_{r k}を所定の標準負荷率(例えば、100%)に設定(固定)する。そして冷却水流量比処理部52dは、熱源機負荷率W_{r k}が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度T_{a w}に対応する流量比(冷却水流量F_{w c})を冷却水流量マップMP1にもとづいて選択し、選択した流量比を冷却水流量目標値に設定する。30

冷却塔出口温度処理部52eは熱源機負荷率W_{r k}を所定の標準負荷率(例えば、100%)に設定(固定)する。そして冷却塔出口温度処理部52eは、熱源機負荷率W_{r k}が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度T_{a w}に対応する冷却塔出口温度T_{2 out}を冷却水温マップMP2にもとづいて選択し、選択した冷却塔出口温度T_{2 out}を冷却水温目標値に設定する。

また、冷温水流量比処理部52bは熱源機負荷率W_{r k}を所定の標準負荷率(例えば、100%)に設定(固定)する。そして冷温水流量比処理部52bは、熱源機負荷率W_{r k}が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度T_{a w}に対応する冷温水流量F_{w h c}を図示しない冷温水流量マップにもとづいて選択し、選択した冷温水流量F_{w h c}を冷温水流量目標値に設定する。40

【0064】

なお、還水温センサS_{n s 6}又は往水温センサS_{n s 7}が異常であり、冷温水流量センサS_{n s 8}による冷温水の流量(冷温水流量)の計測が正常(還水流量信号S_{ig 8}が正常)である場合は以下の方法で冷温水流量の調整を行う。まず、冷温水流量比処理部52bは冷温水流量センサS_{n s 8}で計測された冷温水流量と、運転している熱源機3における冷温水流量とが同じになるように、熱源機3の流量の設定値を算出する。そして、ローカル制御部53は、冷温水一次ポンプ33の流量が、この設定における値となるように冷

温水一次ポンプ33のインバータ周波数と冷温水流量の関係から、インバータ周波数を設定する。

【0065】

そして、ローカル制御部53は、冷却塔出口温度処理部52eが設定する冷却水温目標値にもとづいて冷却ファン20(図1参照)をフィードバック制御する。

【0066】

実施例1の制御装置5は、外気温度センサSns1又は外気湿度センサSns2に異常が発生する等して、又は信号線の断線等によって、外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2の少なくとも一方が正常に入力されない状態になると、外気湿球温度Tawを算出できない。

この場合、制御装置5は、外気湿球温度Tawを所定の標準温度(例えば、27)に設定する。さらに、図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1にもとづいて、外気湿球温度Tawが所定の標準温度(27)における熱源機負荷率Wrkに対応した冷却水流量Fwcを選択し、これを冷却水流量目標値とする。

同様に制御装置5は、図3の(b)に示す冷却水温マップMP2にもとづいて、外気湿球温度Tawが所定の標準温度(27)における熱源機負荷率Wrkに対応した冷却塔出口温度T2outを選択し、これを冷却水温目標値とする。

同様に制御装置5は、図示しない冷温水流量マップにもとづいて、外気湿球温度Tawが所定の標準温度(27)における熱源機負荷率Wrkに対応した冷温水流量Fwhcを選択し、これを冷温水流量目標値とする。

【0067】

このように、制御装置5は外気温度信号Sig1又は外気湿度信号Sig2の少なくとも一方が正常に入力されない状態であっても、熱源機負荷率Wrkに対応して最適な冷却水流量Fwcと冷却塔出口温度T2outを選択し、冷却水流量目標値と冷却水温目標値と冷温水流量目標値を設定できるので、効率よく熱源装置1(図1参照)を運転できる。

【0068】

また、実施例1の制御装置5は、還水温センサSns6、往水温センサSns7、又は冷温水流量センサSns8に異常が発生する等して、又は信号線の断線等によって、還水温信号Sig6と往水温信号Sig7と還水流量信号Sig8の少なくとも1つが正常に入力されない状態になると、熱源機負荷率Wrkを算出できない。

【0069】

この場合、制御装置5は、熱源機負荷率Wrkを所定の標準負荷率(例えば、100%)に設定する。さらに、図3の(a)に示す冷却水流量マップMP1にもとづいて、熱源機負荷率Wrkが所定の標準負荷率(100%)における外気湿球温度Tawに対応した冷却水流量Fwcを選択し、これを冷却水流量目標値とする。

同様に制御装置5は、図3の(b)に示す冷却水温マップMP2にもとづいて、熱源機負荷率Wrkが所定の標準負荷率(100%)における外気湿球温度Tawに対応した冷却塔出口温度T2outを選択し、これを冷却水温目標値とする。

同様に制御装置5は、図示しない冷温水流量マップにもとづいて、熱源機負荷率Wrkが所定の標準負荷率(100%)における外気湿球温度Tawに対応した冷温水流量Fwhcを選択し、これを冷温水流量目標値とする。

【0070】

このように、制御装置5は還水温信号Sig6と往水温信号Sig7と還水流量信号Sig8の少なくとも1つが正常に入力されない状態であっても、外気湿球温度Tawに対応して最適な冷却水流量Fwcと冷却塔出口温度T2outを選択し、冷却水流量目標値と冷却水温目標値と冷温水流量目標値を設定できるので、効率よく熱源装置1(図1参照)を運転できる。

【0071】

図5は制御装置が熱源設備を制御するフローを示すフローチャートである。図5を参照して、制御装置5が熱源設備1(図1参照)を制御する手順を説明する(適宜図1~4参

10

20

30

40

50

照)。

【0072】

制御装置5のデータ収集・検証部51は、各センサから入力される計測信号に異常があるか否かを判定する(ステップS1)。

データ収集・検証部51は、少なくとも、外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2と還水温信号S_{ig}6と往水温信号S_{ig}7と還水流量信号S_{ig}8に異常があるか否かを判定する。

計測信号に異常がない場合(ステップS1 No)、データ収集・検証部51は手順をステップS2に進める。

【0073】

10

ステップS2において、制御装置5の最適演算部52は、外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2から外気湿球温度T_{aw}を算出(取得)する。また、最適演算部52は、還水温信号S_{ig}6と往水温信号S_{ig}7と還水流量信号S_{ig}8から熱源機負荷率W_{rk}を算出(取得)する。そして最適演算部52は手順をステップS6に進める。

【0074】

一方、ステップS1において、外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2と還水温信号S_{ig}6と往水温信号S_{ig}7と還水流量信号S_{ig}8の少なくとも1つに異常があると判定した場合(ステップS1 Yes)、最適演算部52は手順をステップS3に進める。

【0075】

20

ステップS3において、制御装置5の最適演算部52は外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2の少なくとも一方に異常があると判定した場合(ステップS3 Yes)、最適演算部52は外気湿球温度T_{aw}を所定の標準温度に固定(設定)し、さらに、還水温信号S_{ig}6と往水温信号S_{ig}7と還水流量信号S_{ig}8から熱源機負荷率W_{rk}を算出する(ステップS4)。そして最適演算部52は手順をステップS6に進める。

【0076】

また、外気温度信号S_{ig}1及び外気湿度信号S_{ig}2に異常がないと判定した場合(ステップS3 No)、最適演算部52は外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2以外の信号に異常がある、つまり、還水温信号S_{ig}6と往水温信号S_{ig}7と還水流量信号S_{ig}8の少なくとも1つに異常があると判定する。そして、最適演算部52は熱源機負荷率W_{rk}を所定の標準負荷率に固定(設定)し、さらに、外気温度信号S_{ig}1と外気湿度信号S_{ig}2から外気湿球温度T_{aw}を算出する(ステップS5)。その後、最適演算部52は手順をステップS6に進める。

30

【0077】

制御装置5の最適演算部52は、冷却ファン20、冷却水ポンプ4等の制御対象を制御する目標値を設定するタイミングであれば(ステップS6 Yes)、冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定する(ステップS7)。

具体的に最適演算部52は、外気湿球温度T_{aw}と熱源機負荷率W_{rk}に対応する冷却水流量F_{wc}を冷却水流量マップMP1にもとづいて選択し、選択した冷却水流量F_{wc}を冷却水流量目標値に設定する。また、最適演算部52は、外気湿球温度T_{aw}と熱源機負荷率W_{rk}に対応する冷却塔出口温度T_{2out}を冷却水温マップMP2にもとづいて選択し、選択した冷却塔出口温度T_{2out}を冷却水温目標値に設定する。

40

そして最適演算部52は手順をステップS8に進める。

【0078】

制御対象を制御する目標値を設定するタイミングではない場合(ステップS6 No)、最適演算部52は冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定することなく手順をステップS8に進める。

【0079】

冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定するタイミング(間隔)は、例えば、冷却ファン20や冷却水ポンプ4や冷温水一次ポンプ33等の制御対象を制御する速度としてあ

50

らかじめ設定されている。制御対象を制御する速度を高める場合、冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定するタイミング（間隔）が短く設定される。このようなタイミング（間隔）は、熱源設備 1 の設計値としてあらかじめ設定されている。

本設定により、制御装置 5 は、冷却水流量目標値と冷却水温目標値とをほぼ同時に（時間的に差がない状態で）変更でき、各設置値を熱源機 3 の運転範囲に収めることができる。

【 0 0 8 0 】

制御装置 5 のローカル制御部 5 3 は上下限処理を実施する（ステップ S 8）。

例えば、冷却水流量目標値が変化した場合、ローカル制御部 5 3 は冷却水流量目標値の変化量に応じて冷却水ポンプ 4 の回転速度（制御量）を変化させる。このとき、ローカル制御部 5 3 は冷却水ポンプ 4 の回転速度（制御量）が上限を超えないように規制する。これによって、冷却水ポンプ 4 の回転速度が上限を超えることが回避される。

なお、ローカル制御部 5 3 は冷却ファン 2 0 や冷温水一次ポンプ 3 3 に対しても同様に上下限処理を実施し、冷却ファン 2 0 や冷温水一次ポンプ 3 3 の回転速度（制御量）が上限を超えないように規制する。

【 0 0 8 1 】

また、制御装置 5 のローカル制御部 5 3 は変化幅制限を実施する（ステップ S 9）。

例えば、冷却水流量目標値が大きく変化した場合には冷却水ポンプ 4 の回転速度（制御量）の変化幅を大きくすることが必要になる。しかしながら冷却水ポンプ 4 の回転速度が大きく変化すると冷却水 W c の流量が大きく変化するので、冷却水 W c が流入する熱源機 3 や冷却水ポンプ 4 自身に過剰な負荷が入力されることになる。

【 0 0 8 2 】

そこで、実施例 1 のローカル制御部 5 3 は、冷却水流量目標値が大きく変化した場合であっても、冷却水ポンプ 4 の回転速度（制御量）の変化幅を、あらかじめ設定される最大幅に規制する。この最大幅は、冷却水ポンプ 4 や熱源機 3 に過剰な負荷が入力されないような特性値としてあらかじめ設定されている設計値である。これによって冷却水ポンプ 4 の急激な状態変化が抑制されて、冷却水ポンプ 4 や熱源機 3 等への大きな負荷入力が抑制される。

【 0 0 8 3 】

なお、ローカル制御部 5 3 は、冷却水温目標値や、冷却水ポンプ 4 に対しても同様に変化幅制限を実施し、冷却水温目標値や、冷却水ポンプ 4 の回転速度（制御量）の変化幅を、あらかじめ設定される最大幅に規制する。この最大幅は、冷却水温目標値や、冷却水 W c の流量が急に変化して、熱源機 3 の制御に影響するような許容値を超えないような特性値としてあらかじめ設定されている値である。このような変化幅制限によって熱源機 3 における許容値を守ることが可能となる。

【 0 0 8 4 】

そして制御装置 5 のローカル制御部 5 3 は、冷却水ポンプ 4 や冷却塔入口温度や冷温水一次ポンプ 3 3 の制御量（回転速度）に対応する制御信号を出力し（ステップ S 1 0）、冷却水ポンプ 4 や冷却ファン 2 0 や冷温水一次ポンプ 3 3 を回転速度制御する。

ローカル制御部 5 3 は、冷却塔出口温度センサ S n s 3 から出力される冷却塔出口温度信号 S i g 3 をフィードバック信号とするフィードバック制御によって、冷却ファン 2 0 の回転速度を調節し、冷却塔出口温度 T 2 o u t を冷却水温目標値に維持する。

【 0 0 8 5 】

なお、熱源機負荷率 W r k と、冷却水流量 F w c（流量比）と、の間における所定の相関関係が使用されてもよい。このようにすることで、最適化制御用のセンサ（外気温度センサ S n s 1、外気湿度センサ S n s 2）異常で最適化制御用のマップ（冷却水流量マップ M P 1、冷却水温マップ M P 2）を用いない個別の制御（個別制御と称す）に移行することが可能となる。

図 6 は熱源機負荷率と、冷却水流量の相関関係の一例を示すグラフである。図 6 は横軸が熱源機負荷率 W r k を示し縦軸が冷却水流量 F w c を示す。図 6 に示す一例では、熱源

10

20

30

40

50

機負荷率 W_{rk} が W_a %まで冷却水流量 F_{wc} (流量比) が F_a %で一定であり、その後は、熱源機負荷率 W_{rk} の上昇に応じて冷却水流量 F_{wc} が直線的に上昇する。そして、熱源機負荷率 W_{rk} が W_b %まで上昇した時点で冷却水流量 F_{wc} が 100 %に達する。このような相関関係は、熱源機 3 の特性として設定される。

【0086】

制御装置 5 は、熱源機負荷率 W_{rk} を取得できれば、図 6 に示す相関関係から冷却水流量 F_{wc} (流量比) を取得できる。

そこで、図 1 に示す制御装置 5 は、外気温度センサ S_{ns1} 又は外気湿度センサ S_{ns2} に異常が発生する等して外気湿球温度 T_{aw} を取得できない場合、還水温信号 S_{ig6} と往水温信号 S_{ig7} と還水流量信号 S_{ig8} とから算出(取得)する熱源機負荷率 W_{rk} に対応する冷却水流量 F_{wc} を図 6 に示す相関関係から取得する。そして制御装置 5 は、取得した冷却水流量 F_{wc} を冷却水流量目標値に設定する。
10

【0087】

このように、制御装置 5 は外気湿球温度 T_{aw} を取得できない場合に、図 3 の (a) に示す冷却水流量マップ MP1 を利用することなく相関関係から冷却水流量 F_{wc} を取得し、取得した冷却水流量 F_{wc} を冷却水流量目標値に設定する構成であってもよい。

【0088】

なお、外気温度センサ S_{ns1} や外気湿度センサ S_{ns2} が正常な状態に復帰して外気湿球温度 T_{aw} を取得できない状態が解消した場合(つまり、外気湿球温度 T_{aw} を取得できない状態から復帰した場合)、制御装置 5 は、外気温度信号 S_{ig1} から外気乾球温度 T_{ad} を算出するとともに外気湿度信号 S_{ig2} から外気湿度 H_a を算出し、さらに、算出した外気乾球温度 T_{ad} と外気湿度 H_a から外気湿球温度 T_{aw} を算出(取得)する。そして、標準温度に固定(設定)された外気乾球温度 T_{ad} ではなく、外気温度信号 S_{ig1} と外気湿度信号 S_{ig2} から算出される外気乾球温度 T_{ad} にもとづいて、最適な制御目標値(冷却水流量目標値、冷却水温目標値、冷温水流量目標値)が設定される。
20

このように、制御装置 5 が外気湿球温度 T_{aw} を取得できない状態から復帰した場合に熱源設備 1(図 1 参照)は、制御装置 5 によって外気湿球温度 T_{aw} が算出される状態に復帰する。

【0089】

また、還水温センサ S_{ns6} や往水温センサ S_{ns7} や冷温水流量センサ S_{ns8} が正常な状態に復帰して熱源機負荷率 W_{rk} を取得できない状態が解消した場合(つまり、熱源機負荷率 W_{rk} を取得できない状態から復帰した場合)、制御装置 5 は、還水温信号 S_{ig6} と往水温信号 S_{ig7} と還水流量信号 S_{ig8} から熱源機負荷率 W_{rk} を算出(取得)する。そして、標準負荷率に固定(設定)された熱源機負荷率 W_{rk} ではなく、還水温信号 S_{ig6} と往水温信号 S_{ig7} と還水流量信号 S_{ig8} から算出される熱源機負荷率 W_{rk} にもとづいて、最適な制御目標値(冷却水流量目標値、冷却水温目標値、冷温水流量目標値)が設定される。このように、制御装置 5 が熱源機負荷率 W_{rk} を取得できない状態から復帰した場合に熱源設備 1(図 1 参照)は、制御装置 5 によって熱源機負荷率 W_{rk} が算出される状態に復帰する。
30

【実施例 2】

【0090】

実施例 2 に係る熱源設備は、図 1 に示す実施例 1 の熱源設備 1 と同様に構成される。

実施例 2 の熱源設備 1 では、外気温度センサ S_{ns1} と外気湿度センサ S_{ns2} の少なくとも一方に異常が発生した状態における制御装置 5 の処理手順が実施例 1 の場合と異なっている。

図 7 は、実施例 2 において制御装置が熱源設備を制御するフロー(その 1)を示す図であり、図 8 は、実施例 2 において制御装置が熱源設備を制御するフロー(その 2)を示す図である。図 7 のフローと図 8 のフローは接合子 A を介して接続されている。

図 7, 8 を参照して、外気温度センサ S_{ns1} と外気湿度センサ S_{ns2} の少なくとも一方に異常が発生した状態で制御装置 5 が熱源設備 1 を制御する手順を説明する(適宜図
40

1～4参照)。

【0091】

なお、図7, 8のステップS1からステップS10は図5に示すフローチャートのステップS1からステップS10までと同等であるので説明を簡単にする。

制御装置5は、各センサから入力される計測信号に異常がない場合(図7のステップS1 No)、手順をステップS2に進めて外気湿球温度Tawと熱源機負荷率Wrkを算出する(図7のステップS2)。そして制御装置5は手順を図8のステップS6に進める。

【0092】

一方、外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2と還水温信号Sig6と往水温信号Sig7と還水流量信号Sig8の少なくとも1つに異常があると判定した場合(図7のステップS1 Yes)、制御装置5は手順を図7のステップS3に進める。

【0093】

図7のステップS3において、制御装置5は外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2の少なくとも一方に異常があると判定した場合(図7のステップS3 Yes)、手順を図7のステップS40に進める。

【0094】

なお、外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2に異常が無い場合(図7のステップS3 No)、制御装置5は手順を図7のステップS5に進め、熱源機負荷率Wrkを所定の標準負荷率に固定(設定)し、さらに、外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2から外気湿球温度Tawを算出して手順を図8のステップS6に進める。

【0095】

図7のステップS40において外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2の両方に異常がある場合(ステップS40 Yes)、制御装置5の最適値取得部52は外気湿球温度Tawの取得が不可能な状態と判定して手順を図7のステップS4に進め、外気湿球温度Tawを所定の標準温度に固定(設定)し、さらに、熱源機負荷率Wrkを算出する。そして制御装置5は手順を図8のステップS6に進める。

【0096】

図7のステップS40において、外気温度信号Sig1と外気湿度信号Sig2の両方に異常がない場合(ステップS40 No)、制御装置5の最適値取得部52は外気温度信号Sig1に異常があれば(図7のステップS41 Yes)、外気温度センサSns1に異常が発生したと判定して手順を図7のステップS42に進め、外気温度信号Sig1に異常が無ければ(図7のステップS41 No)、外気湿度センサSns2に異常が発生したと判定して手順を図7のステップS43に進める。

【0097】

図7のステップS42において、制御装置5の最適値取得部52は熱源設備1が設置される環境で想定し得る最高温度を外気乾球温度Tadに設定する。そして最適値取得部52は外気湿度信号Sig2から算出する外気湿度Haと外気乾球温度Tad(想定し得る最高温度)にもとづいて外気湿球温度Tawを算出し、手順を図7のステップS44に進める。

【0098】

図7のステップS43において、制御装置5の最適値取得部52は外気湿度Haを所定値に設定する。この所定値は、例えば熱源設備1が設置される環境における外気湿度Haの平均値等設計値として設定されている。又は、所定値が100%であってもよい。そして最適値取得部52は外気温度信号Sig1から算出する外気乾球温度Tadと外気湿度Ha(所定値)にもとづいて外気湿球温度Tawを算出し、手順を図7のステップS44に進める。

【0099】

図7のステップS44において、制御装置5の最適値取得部52は、還水温信号Sig6と往水温信号Sig7と還水流量信号Sig8から熱源機負荷率Wrkを算出し、手順

10

20

30

40

50

を図 8 のステップ S 6 に進める。

【 0 1 0 0 】

制御装置 5 は、冷却ファン 2 0 、冷却水ポンプ 4 等の制御対象を制御する目標値を設定するタイミングであれば(図 8 のステップ S 6 Yes)、冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定し(図 8 のステップ S 7)、手順を図 8 のステップ S 8 に進める。一方、制御対象を制御する目標値を設定するタイミングではない場合(図 8 のステップ S 6 No)、制御装置 5 は冷却水流量目標値と冷却水温目標値を設定することなく手順を図 8 のステップ S 8 に進める。

【 0 1 0 1 】

図 8 のステップ S 8 で、制御装置 5 は上下限処理を実施して手順を図 8 のステップ S 9 に進めて変化幅制限を実施する。さらに、制御装置 5 は、手順を図 8 のステップ S 10 に進めて冷却水ポンプ 4 や冷却搭出口温度や冷温水一次ポンプ 3 3 の制御量(回転速度)に対応する制御信号を出力し、冷却水ポンプ 4 や冷温水一次ポンプ 3 3 を回転速度制御する。ここで、冷却搭出口温度の制御量とは、冷却ファン 2 0 に対する制御量である。

10

【 0 1 0 2 】

このように、実施例 2 の熱源設備 1 (図 1 参照) は、外気温度信号 S i g 1 と外気湿度信号 S i g 2 の少なくとも一方に異常が発生したときの処理(図 7 のステップ S 4 0 ~ 図 7 のステップ S 4 4) が実施例 1 と異なっている。

【 0 1 0 3 】

実施例 2 の熱源設備 1 (図 1 参照) は、外気温度センサ S n s 1 に異常が発生した場合であっても外気湿度センサ S n s 2 に異常が発生していなければ(図 7 のステップ S 4 1 Yes)、外気湿度 H a に応じて外気湿球温度 T a w が算出されるので、外気湿球温度 T a w が標準温度に固定(設定)される実施例 1 よりも効率よく運転される。

20

また、実施例 2 の熱源設備 1 は、外気湿度センサ S n s 2 に異常が発生した場合であっても外気温度センサ S n s 1 に異常が発生していなければ(図 7 のステップ S 4 1 No)、外気乾球温度 T a d に応じて外気湿球温度 T a w が算出されるので、外気湿球温度 T a w が標準温度に固定(設定)される実施例 1 よりも効率よく運転される。

【 実施例 3 】

【 0 1 0 4 】

図 9 は実施例 3 に係る熱源設備を示す図である。

30

なお、図 9 に示す熱源設備 1 a において、図 1 に示す熱源設備 1 と同じ構成要素には同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

【 0 1 0 5 】

図 9 に示すように、実施例 3 に係る熱源設備 1 a は、複数台(例えば 3 台)の冷却塔(第 1 冷却塔 2 A , 第 2 冷却塔 2 B , 第 3 冷却塔 2 C)と、熱源機(第 1 热源機 3 A , 第 2 热源機 3 B , 第 3 热源機 3 C)と、を備える。また、各冷却塔(2 A , 2 B , 2 C)と各熱源機(3 A , 3 B , 3 C)との間には、それぞれ冷却水ポンプ(第 1 冷却水ポンプ 4 A , 第 2 冷却水ポンプ 4 B , 第 3 冷却水ポンプ 4 C)が備わっている。各冷却水ポンプ(4 A , 4 B , 4 C)はそれぞれインバータ 4 A i , 4 B i , 4 C i を有し、回転速度制御が可能に構成されている。

40

熱源機 3 A , 热源機 3 B , 及び热源機 3 C は、制御装置 5 で運転状態の監視と運転停止を行う(図示せず)。

【 0 1 0 6 】

また、各冷却塔(2 A , 2 B , 2 C)には、それぞれ冷却ファン(第 1 冷却ファン 2 0 A , 第 2 冷却ファン 2 0 B , 第 3 冷却ファン 2 0 C)が備わっている。各冷却ファン(2 0 A , 2 0 B , 2 0 C)はそれぞれインバータ 2 0 A i , 2 0 B i , 2 0 C i を有し、回転速度制御が可能になっている。

さらに、第 1 冷却塔 2 A から第 1 热源機 3 A に送水される冷却水 W c の水温を計測する冷却塔出口温度センサ S n s 3 A と、第 2 冷却塔 2 B から第 2 热源機 3 B に送水される冷却水 W c の水温を計測する冷却塔出口温度センサ S n s 3 B と、第 3 冷却塔 2 C から第 3

50

熱源機 3 C に送水される冷却水 W_c の水温を計測する冷却塔出口温度センサ $S_{n s 3 C}$ と、が備わっている。

【0107】

また、第 1 热源機 3 A に送水される冷温水 $W_{h c}$ の流量を計測する第 1 冷温水流量センサ $S_{n s 8 A}$ と、第 2 热源機 3 B に送水される冷温水 $W_{h c}$ の流量を計測する第 2 冷温水流量センサ $S_{n s 8 B}$ と、第 3 热源機 3 C に送水される冷温水 $W_{h c}$ の流量を計測する第 3 冷温水流量センサ $S_{n s 8 A}$ と、を有する。

【0108】

なお、各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) は全てが同じ形式であってもよいし、異なった形式であってもよい。

例えば、第 1 热源機 3 A がターボ冷凍機、第 2 热源機 3 B が吸收冷温水機、第 3 热源機 3 C が排熱投入型吸收冷温水機であるような構成であってもよい。

【0109】

各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) は热源側往ヘッダ 3 1 a 及び热源側還ヘッダ 3 1 b と接続される。各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) と热源側還ヘッダ 3 1 bとの間には、それぞれ冷温水一次ポンプ 3 3 A, 3 3 B, 3 3 C が配設されている。各冷温水一次ポンプ (3 3 A, 3 3 B, 3 3 C) はインバータ 3 3 A i, 3 3 B i, 3 3 C i を有し、回転速度制御が可能に構成されている。

なお、図 9 のように热源機が複数備えられる構成における热源設備 1 a の COP は、各热源機 (3 A ~ 3 C) の冷却量の総和を各热源機 (3 A ~ 3 C)、各冷却水ポンプ (4 A ~ 4 C)、各冷却ファン (2 0 A ~ 2 0 C) 及び各冷温水一次ポンプ (3 3 A ~ 3 3 C) の消費エネルギーの和で除した値である。

【0110】

図 10 は热源設備 1 の負荷率 (ここで、3 台分の热負荷の合計を 300 % としている) と热源設備の一次エネルギーの関係を示す図である。また、図 11 は台数制御用冷却水流量マップを示す図であり、図 12 は台数制御用冷却水温マップを示す図である。

ここで、各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) の負荷率は、热源側還ヘッダ 3 1 b から热源機 3 に向かって流れる冷温水 $W_{h c}$ の水温 (热源機入口温度 T_{in}) と、热源機 3 から热源側往ヘッダ 3 1 a に向かって流れる冷温水 $W_{h c}$ の水温 (热源機出口温度 T_{out}) と、冷温水 $W_{h c}$ の流量 (冷温水流量 F_{whc}) を運転している冷温水一次ポンプ (3 3 A, 3 3 B, 3 3 C) の定格流量で案分した値とを基に算出される冷却負荷を各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) の定格能力で除したものである。

なお、図 11 に示す台数制御用冷却水流量マップ MP 1 0 は、数値が記載されている热源機が運転され、バツ印が記載されている热源機は運転されないことを示している。同様に、図 12 に示す台数制御用冷却水温マップ MP 2 0 は、数値が記載されている热源機が運転され、バツ印が記載されている热源機は運転されないことを示している。

【0111】

例えば、外気湿球温度 T_{aw} が 27 で热源機負荷率 W_{rk} が 150 % の場合、第 1 热源機 3 A に冷却水 W_c を送水する冷却水ポンプ 4 A の流量比が 100 % であって、第 2 热源機 3 B に冷却水 W_c を送水する冷却水ポンプ 4 B の流量比が 60 % であって、第 3 热源機 3 C が運転されないことを示している。つまり、台数制御用冷却水流量マップ MP 1 0 は、外気湿球温度 T_{aw} が 27 で热源機負荷率 W_{rk} が 150 % の場合には 2 台の热源機 (第 1 热源機 3 A, 第 2 热源機 3 B) が運転されることを示している。

図 12 に示す台数制御用冷却水温マップ MP 2 0 も同様である。

【0112】

図 9 に示すように第 1 热源機 3 A と、第 2 热源機 3 B と、第 3 热源機 3 C と、の 3 台の热源機が備わる热源設備 1 a の場合、図 10 に示すように負荷率は 0 % から 300 % までとり得る。通常、各热源機 (3 A, 3 B, 3 C) のそれぞれは定格で運転されるときに、热源設備 1 a の COP が最大になって環境へ与える負荷 (例えば一次エネルギー) が最小になる。よって、図 10 に破線で示すように、負荷率が 0 % から 100 % までの間は 1 台の

熱源機の運転で熱源設備 1 a の C O P が最大になり、負荷率が 1 0 0 % から 2 0 0 % までの間は 2 台の熱源機の運転で熱源設備 1 a の C O P が最大になり、負荷率が 2 0 0 % から 3 0 0 % までの間は 3 台の熱源機の運転で熱源設備 1 a の C O P が最大になる。

【 0 1 1 3 】

実施例 1 と同様の手法で、各冷却塔 (2 A , 2 B , 2 C) における冷却塔出口温度 T_{2out} を冷却水温目標値に維持し、かつ、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) における冷却水流量 $F_{w c}$ を冷却水流量目標値とし、かつ、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) における冷温水流量 F_{whc} を冷温水流量目標値となるように熱源設備 1 a が運転される場合、各熱源機が効率よく運転されるので図 10 に実線で示すように、破線で示す通常の運転 (定格で運転されるときに熱源設備 1 a の C O P が最大になるような運転) よりも熱源設備 1 a の C O P が高くなる。また、図 10 に実線で示すように熱源機の運転台数に応じて熱源設備 1 a の C O P が変化し、熱源設備 1 a の C O P の変化にともなって一次エネルギー等環境へ与える負荷が変化する。 10

【 0 1 1 4 】

また、図 9 に示す熱源設備 1 a のように熱源機が複数台設置され、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) に冷温水流量センサ (S n s 8 A , S n s 8 B , S n s 8 C) が設置されている場合であり、還水温センサ S n s 6 又は往水温センサ S n s 7 が異常であり、冷温水流量センサ (S n s 8 A , S n s 8 B , S n s 8 C) による冷温水の流量 (冷温水流量) の計測が正常 (還水流量信号) である場合、制御装置 5 は、以下の方法で冷温水流量の調節を行う。冷温水流量比処理部 5 2 b は、各冷温水流量センサ (S n s 8 A , S n s 8 B , S n s 8 C) で計測された冷温水流量と、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) の冷温水流量とが同じ値となるように、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) の流量の設定値を算出する。そして、ローカル制御部 5 3 は、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) に対応する冷温水一次ポンプ (3 3 A , 3 3 B , 3 3 C) の流量が、この設定における値となるように各冷温水一次ポンプ (3 3 A , 3 3 B , 3 3 C) のインバータ周波数と冷温水流量の関係から、インバータ周波数を設定する。 20

【 0 1 1 5 】

また、図 9 に示す熱源設備 1 a において、冷温水流量センサが各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) に対応して設置されておらず、図 1 のように熱源側還ヘッダ 3 1 b と負荷側還ヘッダ 3 2 b との間に冷温水流量センサが設置されている場合であり、還水温センサ S n s 6 又は往水温センサ S n s 7 が異常であり、冷温水流量センサによる冷温水の流量 (冷温水流量) の計測が正常 (還水流量信号) である場合、制御装置 5 は、以下の方法で冷温水流量を調節する。すなわち、制御装置 5 は、図 1 のように熱源側還ヘッダ 3 1 b と負荷側還ヘッダ 3 2 b との間に設置されている冷温水流量センサで計測された冷温水流量を、運転している各冷温水一次ポンプ (3 3 A , 3 3 B , 3 3 C) の定格流量で案分した値を、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) における冷温水流量の設定値とする。そして、冷温水流量比処理部 5 2 b は、各熱源機 (3 A , 3 B , 3 C) に対応する冷温水一次ポンプ (3 3 A , 3 3 B , 3 3 C) の流量が、この設定における値となるように各冷温水一次ポンプ (3 3 A , 3 3 B , 3 3 C) のインバータ周波数と冷温水流量の関係から、インバータ周波数を設定する。 30

なお、冷温水流量の計測ができない場合、ローカル制御部 5 3 は、冷温水一次ポンプのインバータ周波数を定格のインバータ周波数に変更する。 40

【 0 1 1 6 】

例えば、負荷率が 1 0 0 % 以下であっても W 1 % 以上であれば 2 台の熱源機を運転したほうが熱源設備 1 a の C O P は高くなる。同様に、負荷率が 2 0 0 % 以下であっても W 2 % 以上であれば 3 台の熱源機を運転したほうが熱源設備 1 a の C O P は高くなる。そして、熱源設備 1 a の C O P が高くなると式 (1) で示す評価関数 W が小さくなる。

換言すると、熱源設備 1 a は評価関数 W が最小になるように制御されることによって、熱源設備 1 a は、最高の C O P で運転されることになり、ひいては、一次エネルギー、二酸化炭素排出量、エネルギー使用量等、環境へ与える負荷が最小になる。 50

【0117】

そこで、実施例3の制御装置5(図9参照)は、実施例1と同様に、式(1)に示す評価関数Wが最小となるように、「Eref(熱源機3の電力消費量)」と、「Gref(熱源機3の燃料消費量)」と、「Ecp(冷温水一次ポンプ33の電力消費量)」と、「Ecp(冷却水ポンプ4の電力消費量)」と、「Ect(冷却塔2の電力消費量)」と、熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}との組み合わせごとに設定する。

例えば、評価関数Wは実施例1と同様に一次エネルギーを示す。

【0118】

この際、実施例3の制御装置5は、各熱源機(3A, 3B, 3C)の運転台数ごとに評価関数Wを評価する。

制御装置5は、熱源機負荷率W_{rk}が100%以下の場合は、1台の熱源機(例えば、第1熱源機3A)を運転する場合と、2台の熱源機(例えば、第1熱源機3Aと第2熱源機3B)を運転する場合と、3台の熱源機を運転する場合と、の全ての場合について評価関数Wを評価する。

そして制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却水流量F_{wc}を選択し、これを冷却水流量目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却塔出口温度T_{2out}を選択し、これを冷却水温目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷温水流量F_{whc}を選択し、これを冷温水流量目標値とする。

【0119】

また、制御装置5は、熱源機負荷率W_{rk}が100%より大きく200%以下の場合は、2台の熱源機(例えば、第1熱源機3Aと第2熱源機3B)を運転する場合と、3台の熱源機を運転する場合と、の全ての場合について評価関数Wを評価する。

そして制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却水流量F_{wc}を選択し、これを冷却水流量目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却塔出口温度T_{2out}を選択し、これを冷却水温目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷温水流量F_{whc}を選択し、これを冷温水流量目標値とする。

【0120】

このとき制御装置5は、各熱源機(3A, 3B, 3C)に優先順位が設定されている場合には、優先度の高い熱源機から先に駆動するように評価関数Wを評価する。熱源機の優先順位は、例えば、各熱源機の形態が異なる場合(第1熱源機3Aがターボ冷凍機、第2熱源機3Bが吸收冷温水機、第3熱源機3Cが排熱投入型吸收冷温水機であるような場合)には、それぞれの特性や地域環境(静寂性が求められる地域では駆動音の小さな熱源機が優先される等)等に応じて適宜設定される。

【0121】

さらに、制御装置5は、熱源機負荷率W_{rk}が200%より大きい場合は、3台の熱源機を運転する場合について評価関数Wを評価する。

そして制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却水流量F_{wc}を選択し、これを冷却水流量目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷却塔出口温度T_{2out}を選択し、これを冷却水温目標値とする。また、制御装置5は、評価関数Wが最小になる冷温水流量F_{whc}を選択し、これを冷温水流量目標値とする。

【0122】

以上のような評価関数Wの評価によって、図11に示すような台数制御用冷却水流量マップMP10、及び図12に示すような台数制御用冷却水温マップMP20が設定される。また、熱源機(3A, 3B, 3C)の運転台数と熱源機負荷率W_{rk}と外気湿球温度T_{aw}に対応した冷温水流量F_{whc}の最適値が設定された台数制御用冷温水流量マップ(図示せず)が設定される。

【0123】

そして実施例3の制御装置5は、外気温度信号S_{ig1}と外気湿度信号S_{ig2}から外気湿球温度T_{aw}を取得できない場合、外気湿球温度T_{aw}を所定の標準温度に固定(設定)する。さらに制御装置5は、外気湿球温度T_{aw}が所定の標準温度である場合の熱源

機負荷率 $W_{r k}$ に対応する冷却水流量 $F_{w c}$ を、図 1 1 に示す台数制御用冷却水流量マップ $M P 1 0$ から選択し、これを熱源機ごとの冷却水流量目標値とする。なお、制御装置 5 は台数制御用冷却水流量マップ $M P 1 0$ においてバツ印が付されている熱源機に対応する冷却水ポンプ (4 A, 4 B, 4 C) を停止する。

【 0 1 2 4 】

同様に制御装置 5 は、外気湿球温度 $T_{a w}$ が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率 $W_{r k}$ に対応する冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ を、図 1 2 に示す台数制御用冷却水温マップ $M P 2 0$ から選択し、これを熱源機ごとの冷却水温目標値とする。なお、制御装置 5 は台数制御用冷却水温マップ $M P 2 0$ においてバツ印が付されている熱源機に対応する冷却ファン (20 A, 20 B, 20 C) を停止する。

10

【 0 1 2 5 】

同様に制御装置 5 は、外気湿球温度 $T_{a w}$ が所定の標準温度である場合の熱源機負荷率 $W_{r k}$ に対応する冷温水流量 $F_{w h c}$ を、図示しない台数制御用冷温水流量マップから選択し、これを熱源機ごとの冷温水流量目標値とする。

【 0 1 2 6 】

そして制御装置 5 は、設定した運転台数の熱源機 (3 A, 3 B, 3 C) を運転するとともに、運転する熱源機に対応する冷却水ポンプ (4 A, 4 B, 4 C)、冷却ファン (20 A, 20 B, 20 C)、及び冷温水一次ポンプ (33 A, 33 B, 33 C) を制御して熱源設備 1 a を制御する。

【 0 1 2 7 】

このように、制御装置 5 は外気温度信号 $S i g 1$ 又は外気湿度信号 $S i g 2$ の少なくとも一方が正常に入力されない状態であっても、熱源機負荷率 $W_{r k}$ に対応して最適な冷却水流量 $F_{w c}$ と冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ と冷温水流量 $F_{w h c}$ を選択し、冷却水流量目標値と冷却水温目標値と冷温水流量目標値を設定できるので、効率よく熱源装置 1 (図 1 参照) を運転できる。

20

【 0 1 2 8 】

また、制御装置 5 は、還水温信号 $S i g 6$ と往水温信号 $S i g 7$ と還水流量信号 $S i g 8$ から熱源機負荷率 $W_{r k}$ を取得できない場合、熱源機負荷率 $W_{r k}$ を所定の標準負荷率に固定 (設定) する。さらに制御装置 5 は、熱源機負荷率 $W_{r k}$ が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 $T_{a w}$ に対応する冷却水流量 $F_{w c}$ を、図 1 1 に示す台数制御用冷却水流量マップ $M P 1 0$ から選択し、これを熱源機ごとの冷却水流量目標値とする。なお、制御装置 5 は台数制御用冷却水流量マップ $M P 1 0$ においてバツ印が付されている熱源機に対応する冷却水ポンプ (4 A, 4 B, 4 C) を停止する。

30

【 0 1 2 9 】

同様に制御装置 5 は、熱源機負荷率 $W_{r k}$ が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 $T_{a w}$ に対応する冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ を、図 1 2 に示す台数制御用冷却水温マップ $M P 2 0$ から選択し、これを熱源機ごとの冷却水温目標値とする。なお、制御装置 5 は台数制御用冷却水温マップ $M P 2 0$ においてバツ印が付されている熱源機に対応する冷却ファン (20 A, 20 B, 20 C) を停止する。

【 0 1 3 0 】

40

同様に制御装置 5 は、熱源機負荷率 $W_{r k}$ が所定の標準負荷率である場合の外気湿球温度 $T_{a w}$ に対応する冷温水流量 $F_{w h c}$ を、図示しない台数制御用冷温水流量マップから選択し、これを熱源機ごとの冷温水流量目標値とする。

【 0 1 3 1 】

このように、制御装置 5 は還水温信号 $S i g 6$ と往水温信号 $S i g 7$ と還水流量信号 $S i g 8$ の少なくとも 1 つが正常に入力されない状態であっても、外気湿球温度 $T_{a w}$ に対応して最適な冷却水流量 $F_{w c}$ と冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ と冷温水流量 $F_{w h c}$ を選択し、冷却水流量目標値と冷却水温目標値と冷温水流量目標値を設定できるので、効率よく熱源装置 1 (図 1 参照) を運転できる。

【 0 1 3 2 】

50

なお、図9に示すように複数台（図9に示す一例では、第1熱源機3A、第2熱源機3B、第3熱源機3Cの3台）が備わる場合、図10に示すように熱源設備1aのCOPの変化に応じて熱源機（3A、3B、3C）の運転台数が変更される。しかしながら、熱源機の運転台数が頻繁に変化すると燃料消費量が増える等効率が低下する場合がある。

【0133】

そこで、所定の期間（例えば月間）ごとに熱源機（3A、3B、3C）の運転台数が変更される構成であってもよい。例えば、1月から12月まで一か月ごとに、運転する熱源機があらかじめ設定され、熱源設備1aが運転される月に応じた台数の熱源機3A、3B、3Cが運転される構成であってもよい。

この場合、各月ごとに予想される負荷率（平均値）や外気湿球温度（平均値）が予測（設定）されており、その負荷率や湿球温度等に応じて、各月ごとに設定されている運転台数で熱源機（3A、3B、3C）が運転される構成とすることが可能である。

【0134】

なお、本発明は前記した実施例に限定されるものではない。例えば、前記した実施例は本発明をわかりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。

【0135】

例えば、図1に示す熱源機3が大気を熱源とするヒートポンプの場合、冷却塔2及び冷却ファン20が備わらない構成であってもよい。この場合、熱源機3において冷媒R1との熱交換で昇温した冷却水Wcは大気との熱交換で冷却される。制御装置5は、例えば一次エネルギーを評価する場合に、式（1）に示す評価関数Wにおいて、冷却塔2の電力消費量（Ect）を「0」（ゼロ）とし、さらに、外気湿球温度Tawと熱源機負荷率Wrkに対応して一次エネルギー（評価関数W）が最小となるような冷却水流量Fwcと冷温水流量Fwhcを算出する。これによって、図3の（a）に示すような冷却水流量マップMP1と図示しない冷温水流量マップが設定される。

【0136】

また、制御装置5は、湿球温度信号Sиг2から算出（取得）する外気湿球温度Tawと、熱源機入口温度Tinと熱源機出口温度Tooutと冷温水流量Fwhcとから算出する熱源機負荷率Wrkと、に対応する冷却水流量Fwcを冷却水流量マップMP1から選択するとともに選択した冷却水流量Fwcを冷却水流量目標値に設定する。そして、制御装置5は冷却水流量Fwcが冷却水流量目標値となるように冷却水ポンプ4を制御する。

【0137】

このような構成の場合において、例えば外気温度センサSns1（図1参照）又は外気湿度センサSns2（図1参照）に異常が発生する等して外気湿球温度Tawを取得できない状態で制御装置5は、外気湿球温度Tawを所定の標準温度に設定したときの熱源機負荷率Wrkに対応した冷却水流量Fwcを選択してこれを冷却水流量目標値に設定する。また、還水温センサSns6や往水温センサSns7や冷温水流量センサSns8に異常が発生する等して熱源機負荷率Wrkを取得できない状態で制御装置5は、熱源機負荷率Wrkを所定の標準負荷率に設定したときの外気湿球温度Tawに対応した冷却水流量Fwcを選択してこれを冷却水流量目標値に設定する。

【0138】

また、図1に示す実施例1の熱源設備1は冷温水流量センサSns8を有し、制御装置5は冷温水流量センサ8から入力される還水流量信号Sиг8から冷温水Whcの流量を算出（取得）する。

また、図9に示す熱源設備1aでは、熱源側還ヘッダ31bと、各熱源機（3A、3B、3C）との間に、各熱源機（3A、3B、3C）に対応するように冷温水流量センサ（Sns8A、Sns8B、Sns8C）が設置されている。しかしながら、この構成に限らず、熱源水還ヘッダ31bと熱源側往ヘッダ32bとの間に冷温水流量センサが設

10

20

30

40

50

置されてもよい。この場合、各熱源機（3 A, 3 B, 3 C）における各熱源機負荷率 $W_{r k}$ は、以下の方法で算出される。まず、制御装置 5 は、熱源水還ヘッダ 3 1 b と熱源側往ヘッダ 3 2 b との間に設置された冷温水流量センサで計測された冷温水 $W_{h c}$ の流量と、往水温センサ $S_{n s 7}$ による冷温水の温度（冷温水往温度）の信号と、還水温センサ $S_{n s 6}$ による冷温水の温度（冷温水還温度）の信号とを基に熱源設備 1 a 全体の負荷を算出する。その後、制御装置 5 は、算出された熱源設備 1 a 全体の負荷を、運転している各熱源機（3 A, 3 B, 3 C）の定格能力の比率で案分された値を各熱源機（3 A, 3 B, 3 C）の負荷とする。そして、制御装置 5 は、この負荷を各熱源機（3 A, 3 B, 3 C）の定格負荷で除した値を各熱源機 3 の負荷率として設定してもよい。

また、冷温水一次ポンプ 3 3 の流量は、冷温水一次ポンプ 3 3 の流量 - 圧力特性と配管の圧力損失特性からインバータ周波数と流量の関係を予め求めておき、冷温水流量の設定値からインバータ周波数を制御装置 5 が設定してもよい。この場合、冷温水流量センサ $S_{n s 8}$ が不要になるので、熱源設備 1 (1 a) のコストダウンを図ることができる。 10

【0139】

また、図 1 に示す実施例 1 において冷温水二次ポンプ 3 4 が備わらない構成であってもよい。この場合、負荷側往ヘッダ 3 2 a の圧力を適宜調節して負荷側往ヘッダ 3 2 a の吐出圧力を一定に維持する制御（吐出圧一定制御）、熱源側往ヘッダ 3 1 a と負荷側往ヘッダ 3 2 a の圧力差を一定に維持する制御（差圧一定制御）、負荷 1 0 の側における配管の末端圧を推定して負荷側往ヘッダ 3 2 a から吐出される冷温水 $W_{h c}$ の圧力を設定する制御（推定末端圧一定制御）等で、熱源設備 1 が制御される構成であってもよい。 20

【0140】

また、図 1 に示す実施例 1 において冷却水ポンプ 4、冷却ファン 2 0、冷温水一次ポンプ 3 3、冷温水二次ポンプ 3 4 等はインバータによる回転速度制御が可能に構成されている。この構成に限定されず、吐出量や回転速度が調節可能な構成であれば、インバータ制御に限定されない。 20

【0141】

また、図 1 に示す実施例 1 の制御装置 5 は、冷却水流量マップ $M P 1$ （図 3 の (a) 参照）にもとづいて冷却水流量 $F_{w c}$ （冷却水流量目標値）を設定し、冷却水温マップ $M P 2$ （図 3 の (b) 参照）にもとづいて冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ （冷却水温目標値）を設定し、図示しない冷温水流量マップにもとづいて冷温水流量 $F_{w h c}$ （冷温水流量目標値）を設定している。 30

この構成に限定されず、制御装置 5 は、熱源機負荷率 $W_{r k}$ や外気湿球温度 $T_{a w}$ が変化するたびに評価関数 W を計算し、当該評価関数 W が最小となるような冷却水流量 $F_{w c}$ と、冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ と、冷温水流量 $F_{w h c}$ と、を算出する構成であってもよい。そして、算出した冷却水流量 $F_{w c}$ を冷却水流量目標値に設定し、冷却塔出口温度 $T_{2 o u t}$ を冷却水温目標値に設定し、冷温水流量 $F_{w h c}$ を冷温水流量目標値に設定する構成であってもよい。

【0142】

また、図 1 に示す制御装置 5 は、外気湿球温度 $T_{a w}$ と熱源機負荷率 $W_{r k}$ の少なくとも一方を取得できない場合に、外気湿球温度 $T_{a w}$ を所定の標準温度に固定（設定）し、かつ、熱源機負荷率 $W_{r k}$ を所定の標準負荷率に固定（設定）して、冷却水流量目標値と、冷却水温目標値と、冷温水流量目標値と、を設定する構成であってもよい。 40

【0143】

また、図 9 に示すように、複数台の熱源機（第 1 热源機 3 A, 第 2 热源機 3 B, 第 3 热源機 3 C）が備わる熱源設備 1 a において、還水温センサ $S_{n s 6}$ と往水温センサ $S_{n s 7}$ の少なくとも一方に異常が発生する等して、制御装置 5 が冷温水 $W_{h c}$ の水温を正常に取得できない場合、制御装置 5 は冷温水流量 $F_{w h c}$ に応じて熱源機 3 A, 3 B, 3 C の運転台数を決定する構成であってもよい。この場合、熱源機 3 A, 3 B, 3 C の運転台数と冷温水流量 $F_{w h c}$ との関係があらかじめ設定されなければよい。

【0144】

10

20

30

40

50

また、冷却水Wcや冷温水Whcに替わって不凍液（ブライン）が用いられる熱源設備1（図1参照）や熱源設備1a（図9参照）であってもよい。

【0145】

また、図1に示す熱源側往ヘッド32a、熱源側還ヘッド32b、冷温水二次ポンプ34が備わらない構成であってもよい。この場合、冷温水一次ポンプ33の駆動で熱源側往ヘッド31aの吐出圧を一定に維持する吐出圧一定制御等によって、熱源側往ヘッド31aに貯留されている冷温水Whcを負荷10に送水する。熱源側還ヘッド31bには負荷10から冷温水Whcが送水されて貯留される。

制御装置5のローカル制御部53は、制御装置5外部に設置されている他の演算器で実行されてもよい。このようにすることで、制御装置5が故障した場合でも、制御装置5及びローカル制御部53による個別の制御が可能となる。10

さらに、冷温水Whcの流量は、熱源機3又は熱源機（3A, 3B, 3C）個別に流れる冷温水の流量の計測ができている場合、制御装置5が、計測された冷温水の流量を基に、冷温水流量設定値となるよう冷温水一次ポンプ33のフィードバック制御を行ってもよい。また、熱源機3又は熱源機（3A, 3B, 3C）個別に流れる冷温水の流量が計測できない場合、冷温水一次ポンプ33の流量が冷温水流量設定値となるように冷温水一次ポンプ33のインバータ周波数と、冷温水の流量との関係から、冷温水一次ポンプ33のインバータ周波数を設定してもよい。

また、制御装置5と、ローカル制御部53とを他の演算器等で個別に実現されている場合、制御装置5及びローカル制御部53による冷却水の流量の熱源機3又は熱源機（3A, 3B, 3C）に対する個別制御は、熱源機3又は熱源機（3A, 3B, 3C）から送信される冷却水流量比信号を用いてもよい。このようにすることで、負荷率の計測センサ（外気温度センサSns1, 外気湿度センサSns2, 冷却塔出口温度センサSns3, 冷却塔入口温度センサSns4, 還水温センサSns6, 往水温センサSns7, 冷温水流量センサSns8）が故障した場合でも熱源設備1, 1aを制御可能とすることができる。20

また、冷却塔の回転数制御は、冷却塔のファンを複数台として冷却水出口温度が制御目標値となるようにON-OFF制御してもよい。

【0146】

なお、熱源機3又は各熱源機（3A, 3B, 3C）は、自身の運転状態に基づいて、必要な冷却水Wcの流量を出力している。外気温度センサSns1, 外気湿度センサSns2の少なくともいずれかが異常となり、外気湿球温度の算出ができない場合、制御装置5のローカル制御部53は、熱源機3又は各熱源機（3A, 3B, 3C）が出力している、必要な冷却水Wcの流量となるように、冷却水ポンプ4の回転速度を制御することも可能である。30

また、シミュレータ5aが制御装置5に搭載されていてもよい。そして、この場合、シミュレータ5aが、図4の最適演算部52の機能を有していてもよい。

あるいは、外気温度センサSns1, 外気湿度センサSns2, 冷却塔出口温度センサSns3, 冷却塔入口温度センサSns4, 還水温センサSns6, 往水温センサSns7, 冷温水流量センサSns8が出力する信号を取り込み、インバータ4i, 20i, 33i, 34iに制御信号を出力する図示しない指示調節器が備えられてもよい。40

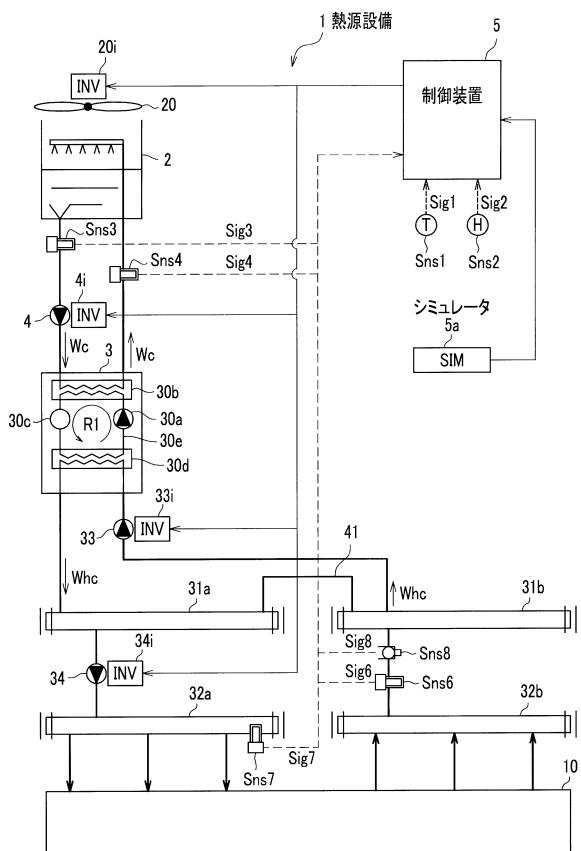
【符号の説明】

【0147】

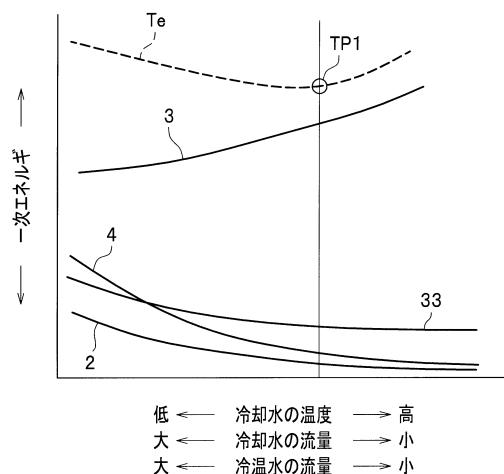
- 1, 1a 热源设备
- 2 冷却塔
- 2A 第1冷却塔
- 2B 第2冷却塔
- 2C 第3冷却塔
- 3 热源机
- 3A 第1热源机

- 3 B 第2熱源機
 3 C 第3熱源機
 4 冷却水ポンプ
 4 A 第1冷却水ポンプ
 4 B 第2冷却水ポンプ
 4 C 第3冷却水ポンプ
 5 制御装置
 5 a シミュレータ
 20 冷却ファン
 20 A 第1冷却ファン
 20 B 第2冷却ファン
 20 C 第3冷却ファン
 30 b 第1熱交換器
 30 d 第2熱交換器
 33, 33 A, 33 B, 33 C 冷温水一次ポンプ(冷温水ポンプ) 10
 R1 冷媒
 Sns1 外気温度センサ
 Sns2 外気湿度センサ
 Sns3 冷却塔出口温度センサ
 Sns4 冷却塔入口温度センサ 20
 Sns6 還水温センサ(冷温水入口温度センサ)
 Sns7 往水温センサ(冷温水出口温度センサ)
 Sns8, Sns8 A, Sns8 B, Sns8 C 冷温水流量センサ
 Whc 冷温水
 Wc 冷却水

【図1】



【図2】



【図3】

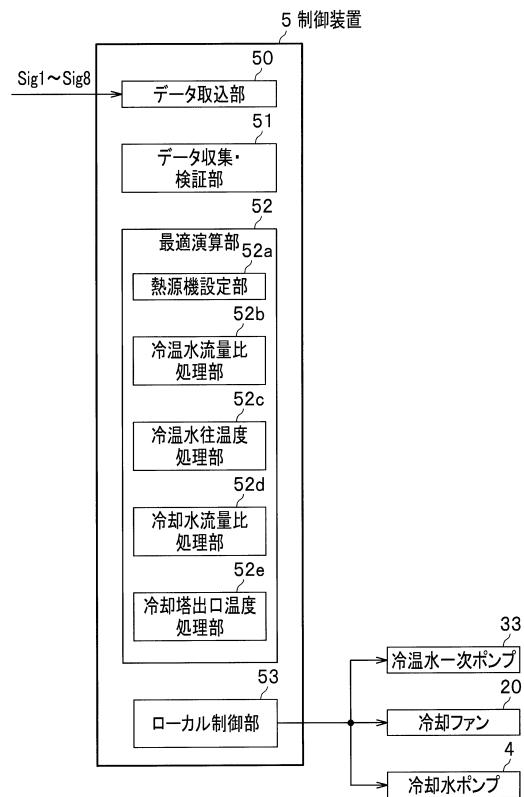
(a)

		冷却水流量マップ(%) MP1						
		外気湿球温度(°C)						
		-10	-9	…	26	27	…	30
負荷率(%)	0	50	50	…	50	50	…	50
	5	50	50	…	50	50	…	50
	…	…	…	…	…	…	…	…
	60	50	50	…	50	50	…	70
	65	50	50	…	50	60	…	80
	…	…	…	…	…	…	…	…
	100	50	50	…	90	100	…	100

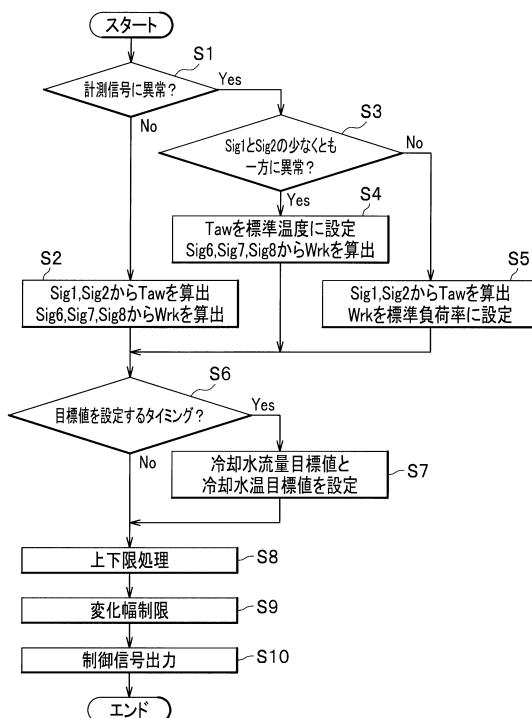
(b)

		冷却水温マップ(°C) MP2						
		外気湿球温度(°C)						
		-10	-9	…	26	27	…	30
負荷率(%)	0	12	12	…	26.3	27.1	…	30.3
	5	12	12	…	26.4	27.2	…	30.4
	…	…	…	…	…	…	…	…
	60	12	12	…	26.6	27.5	…	30.6
	65	12	12	…	26.7	27.6	…	30.7
	…	…	…	…	…	…	…	…
	100	12	12	…	26.9	27.8	…	30.9

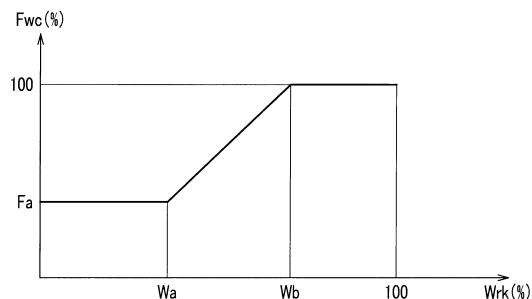
【図4】



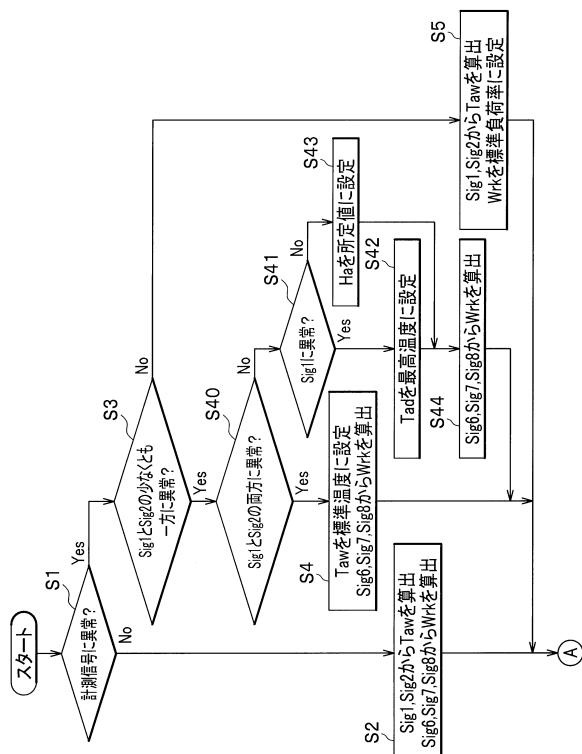
【図5】



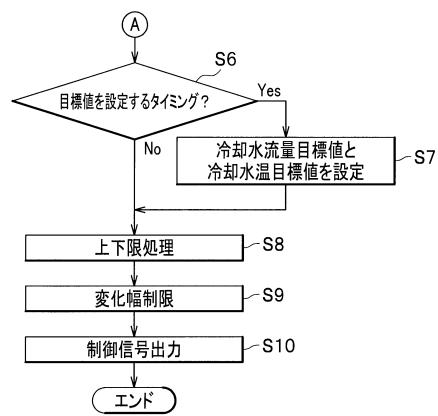
【図6】



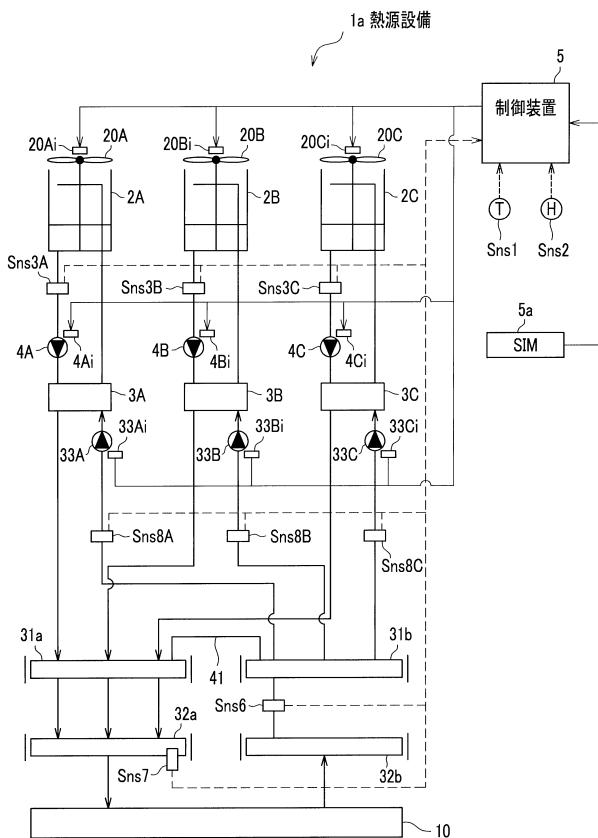
【図7】



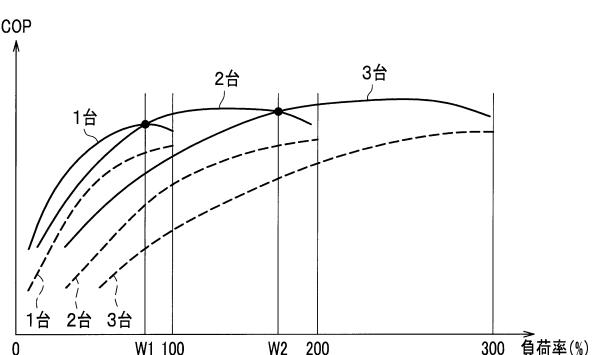
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

			台数制御用冷却水流量マップ(%)							MP10	
			外気温球温度(°C)								
			-10	-9	...	26	27	...	30		
負荷率(%)	0	第1熱源機	50	50	...	50	50	...	50	12	12
		第2熱源機	×	×	...	×	×	...	×	×	...
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	5	第1熱源機	50	50	...	50	50	...	60	12	12
		第2熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	150	第1熱源機	90	90	...	100	100	...	100	12	12
		第2熱源機	50	50	...	50	60	...	70	12	12
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	250	第1熱源機	100	100	...	100	100	...	100	12	12
		第2熱源機	50	50	...	60	70	...	80	12	12
		第3熱源機	50	50	...	50	50	...	50	12	12
	300	第1熱源機	100	100	...	100	100	...	100	12	12
		第2熱源機	90	90	...	100	100	...	100	12	12
		第3熱源機	50	60	...	60	70	...	90	12	12

【図12】

			台数制御用冷却水温マップ(°C)							MP20	
			外気温球温度(°C)								
			-10	-9	...	26	27	...	30		
負荷率(%)	0	第1熱源機	12	12	...	26.3	27.1	...	30.3	12	12
		第2熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	5	第1熱源機	12	12	...	26.4	27.2	...	30.4	12	12
		第2熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	150	第1熱源機	12	12	...	26.5	27.5	...	30.6	12	12
		第2熱源機	12	12	...	26.4	27.3	...	30.4	12	12
		第3熱源機	×	×	...	×	×	...	×	...	...
	250	第1熱源機	12	12	...	26.6	27.6	...	30.7	12	12
		第2熱源機	12	12	...	26.4	27.5	...	30.7	12	12
		第3熱源機	12	12	...	26.4	27.3	...	30.6	12	12
	300	第1熱源機	12	12	...	26.9	27.8	...	30.9	12	12
		第2熱源機	12	12	...	26.8	27.7	...	30.9	12	12
		第3熱源機	12	12	...	26.8	27.6	...	30.7	12	12

フロントページの続き

審査官 久島 弘太郎

(56)参考文献 特開2013-127348(JP, A)
特開平05-187683(JP, A)
特開2009-204213(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F24F 11/47
F24F 5/00
F28F 27/00