

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5495526号  
(P5495526)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>F 2 5 B 7/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 7/00 D
<b>F 2 5 B 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00 3 6 1 J
<b>F 2 5 B 30/02 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00 3 9 7
<b>F 2 4 F 11/02 (2006.01)</b>	F 2 5 B 30/02
	F 2 4 F 11/02 A

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-221255 (P2008-221255)  
 (22) 出願日 平成20年8月29日 (2008.8.29)  
 (65) 公開番号 特開2010-54152 (P2010-54152A)  
 (43) 公開日 平成22年3月11日 (2010.3.11)  
 審査請求日 平成23年8月2日 (2011.8.2)

(73) 特許権者 000006208  
 三菱重工業株式会社  
 東京都港区港南二丁目16番5号  
 (74) 代理人 100112737  
 弁理士 藤田 考晴  
 (74) 代理人 100118913  
 弁理士 上田 邦生  
 (72) 発明者 上田 憲治  
 愛知県清須市西枇杷島町旭3丁目1番地  
 三菱重工業株式会社 冷熱事業本部内  
 審査官 新井 浩士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱源システムおよびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷媒の蒸発熱によって冷水を冷却する低段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱を冷却水に排熱する低段側凝縮器とを有し、前記低段側蒸発器にて冷却された冷水を外部負荷へ出力する冷水主制御ヒートポンプと、

前記低段側凝縮器から排熱を得た冷却水と熱交換するための中温水用熱交換器によって加熱された中温水、又は、前記低段側凝縮器内に設けた中温水用熱交換器によって加熱された中温水から熱が与えられて冷媒が蒸発する高段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱によって高温水を加熱する高段側凝縮器とを有し、該高段側凝縮器にて加熱された高温水を外部負荷へ出力する温水主制御ヒートポンプと、

を備えた熱源システムにおいて、

前記冷却水を外気に散水して冷却する冷却塔を備え、

該冷却塔は、冷却水温度を調整する冷却水温度調整手段を有し、

前記高温水の設定温度に基づいて、前記冷却水の下限温度が設定され、

前記温水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷に対する前記冷水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷の割合が所定値以上となった場合に、前記冷却水の設定温度として前記下限温度が用いられることを特徴とする熱源システム。

【請求項2】

前記中温水を外部負荷へ出力する中温水出力手段を備え、

該中温水出力手段に要求される中温水設定温度範囲内で、前記冷却水の運転温度が設定

されることを特徴とする請求項 1 に記載の熱源システム。

【請求項 3】

前記中温水出力手段に対する出力要求がない場合には、前記中温水設定温度範囲にかかわらず、前記冷却水の前記運転温度が設定されることを特徴とする請求項 2 に記載の熱源システム。

【請求項 4】

前記冷水主制御ヒートポンプが消費する電力と前記温水主制御ヒートポンプが消費する電力との和が略最小となるように、前記冷却水の運転温度が設定されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の熱源システム。

【請求項 5】

冷媒の蒸発熱によって冷水を冷却する低段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱を冷却水に排熱する低段側凝縮器とを有し、前記低段側蒸発器にて冷却された冷水を外部負荷へ出力する冷水主制御ヒートポンプと、

前記低段側凝縮器から排熱を得た冷却水と熱交換するための中温水用熱交換器によって加熱された中温水、又は、前記低段側凝縮器内に設けた中温水用熱交換器によって加熱された中温水から熱が与えられて冷媒が蒸発する高段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱によって高温水を加熱する高段側凝縮器とを有し、該高段側凝縮器にて加熱された高温水を外部負荷へ出力する温水主制御ヒートポンプと、

を備えた熱源システムの制御方法において、

前記熱源システムは、前記冷却水を外気に散水して冷却する冷却塔を備え、

該冷却塔は、冷却水温度を調整する冷却水温度調整手段を有し、

前記高温水の設定温度に基づいて、前記冷却水の下限温度が設定され、

前記温水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷に対する前記冷水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷の割合が所定値以上となった場合に、前記冷却水の設定温度として前記下限温度を用いることを特徴とする熱源システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱源システムおよびその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体製造設備等を備えた工場（例えばクリーンルーム）には、一定温度の冷水を供給可能とする熱源システムが設けられている。熱源システムとしては、例えば特許文献 1 に示すように、複数台のターボ冷凍機を備えたものがある。

また、半導体製造設備を備えた工場には、冷水以外に、半導体製造設備にて洗浄水として用いられる 60～70 程度の高温水や、暖房用の 32～45 程度の中温水が要求される。

【0003】

このような高温水および中温水を供給する熱源システムとして、図 7 に示すように、ターボ冷凍機 101 にボイラ 129 を組み合わせたものが知られている。

同図に示されているように、ターボ冷凍機 101 は、電動モータ 103 によって駆動され、冷媒を圧縮するターボ圧縮機 105 と、ターボ圧縮機 105 によって圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器 107 と、凝縮器 107 によって凝縮された冷媒を膨張させる膨張弁（図示せず）と、膨張弁によって膨張された冷媒を蒸発させる蒸発器 109 とを備えている。

蒸発器 109 には、冷水が流れる冷水配管 110 が接続されており、蒸発器 109 にて蒸発する冷媒の蒸発潜熱によって冷水が冷却されるようになっている。冷水配管 110 には、冷水ポンプ 112 が設けられており、この冷水ポンプ 112 によって半導体製造設備等の冷水を使用する外部負荷（図示せず）と蒸発器 109 との間で冷水が循環供給されるようになっている。

10

20

30

40

50

凝縮器 107 には、冷却水が流れる冷却水配管 114 が接続されており、凝縮器 107 にて凝縮する冷媒の凝縮潜熱を冷却水が排熱するようになっている。冷却水配管 114 には、冷却水ポンプ 116 が設けられており、この冷却水ポンプ 116 によって冷却塔 118 と凝縮器 107 との間で冷却水が循環供給されるようになっている。冷却塔 118 は、冷却水を散水部 120 にて外気に散水して冷却する方式となっており、散水された冷却水を冷却するためのファン 119 を備えている。

【0004】

凝縮器 107 と冷却塔 118 との間で冷却水配管 114 には、中温水用熱交換器 121 が設けられている。この中温水用熱交換器 121 には、中温水ポンプ 123 から供給される温水を導く中温水配管 125 が設けられている。中温水配管 125 を通り、中温水用熱交換器 121 にて冷却水から温熱を得た中温水は、中温水供給配管 127 へと導かれ、暖房の熱源として用いられる。

10

【0005】

高温水を供給するために、ターボ冷凍機 101 とは別に、ボイラ 129 が設けられている。ボイラ 129 には、ボイラ給水ポンプ 130 から供給される給水を導く高温水配管 132 が設けられている。高温水配管 132 を流通する給水は、ボイラ 129 にて加熱され、60～70 程度の高温水として高温水供給配管 134 へと導かれる。高温水供給配管 134 によって供給される高温水は、半導体設備の高温洗浄水の加熱源として用いられる。なお、符号 136 は、高温水配管 132 と中温水供給配管 127 とを接続し、中温水のバックアップとして高温水を供給するために用いられるバックアップ用配管である。

20

【0006】

図 8 には、図 7 の凝縮器 107 にヒートリカバリー機を適用した熱源システムが示されている。すなわち、図 8 において、凝縮器 107 には、中温水配管 125 が接続され、凝縮器 107 内の中温水熱交換器（図示せず）によって加熱されるようになっており、これにより、凝縮器 107 から熱を得る構成となっている。したがって、図 8 に示した熱源システムは、図 7 に示した中温水用熱交換器 121 が省略されている。その他の構成は図 7 に示した熱源システムと同様なので、同一符号を付しその説明を省略する。

【0007】

【特許文献 1】特開 2005 - 114295 号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、図 7 及び図 8 に示した従来技術のように、ボイラを用いて高温水を得る方法は、エネルギー効率の観点から得策とはいえない。なぜなら、化石燃料の燃焼熱によって給水を加熱するボイラでは効率が 1 以下となってしまう、ヒートポンプを用いた場合に比べて不利だからである。つまり、ヒートポンプを用いた場合、COP は 3 以上が期待でき省エネルギーに資するとともに、1 次エネルギー換算したとしても、ボイラよりも CO<sub>2</sub> の排出量を少なくできる。

したがって、高温水を得るために、熱源システムの高段側としてヒートポンプを用いることが有利と考えられる。しかし、高温水を得る高段側にヒートポンプを用いたとしても、さらなる省エネルギーの実現には、冷水を得る低段側の冷凍機と組み合わせた熱源システム全体としての省エネルギーを考慮する必要がある。

40

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、さらなる省エネルギーを実現できる熱源システムおよびその制御方法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】

上記課題を解決するために、本発明の熱源システムおよびその制御方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明にかかる熱源システムは、冷媒の蒸発熱によって冷水を冷却する低段

50

側蒸発器と、冷媒の凝縮熱を冷却水に排熱する低段側凝縮器とを有し、前記低段側蒸発器にて冷却された冷水を外部負荷へ出力する冷水主制御ヒートポンプと、前記低段側凝縮器から排熱を得た冷却水と熱交換するための中温水用熱交換器によって加熱された中温水、又は、前記低段側凝縮器内に設けた中温水用熱交換器によって加熱された中温水から熱が与えられて冷媒が蒸発する高段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱によって高温水を加熱する高段側凝縮器とを有し、該高段側凝縮器にて加熱された高温水を外部負荷へ出力する温水主制御ヒートポンプと、を備えた熱源システムにおいて、前記冷却水を外気に散水して冷却する冷却塔を備え、該冷却塔は、冷却水温度を調整する冷却水温度調整手段を有し、前記高温水の設定温度に基づいて、前記冷却水の下限温度が設定され、前記温水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷に対する前記冷水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷の割合が所定値以上となった場合に、前記冷却水の設定温度として前記下限温度が用いられることを特徴とする。

10

## 【0011】

冷水主制御ヒートポンプは、冷却水温度が低いほど高効率にて運転できるので、可能な限り冷却水温度を低くするように要求する。一方、温水主制御ヒートポンプでは、要求される温度の高温水を出力するために最低限必要な蒸発器側温度すなわち中温水温度がある。そこで、所望の高温水温度を得るために必要な中温水温度を確保するように、冷却水温度の下限値を設けることとし、必要量の低段側凝縮器排熱を中温水に与えることができるようにした。したがって、熱源システムは、下限値を下回らない冷却水温度にて運転されることになる。このように、本発明では高温水の設定温度に基づいて冷却水の下限温度が定められるので、冷水主制御ヒートポンプが低温の冷却水温度を要求した場合であってもこれを制限し、所望温度の中温水を確保することによって、温水主制御ヒートポンプにて所望温度の高温水を外部負荷へ出力することができる。換言すると、所望温度の高温水および冷水を得ることができるだけでなく、温水主制御ヒートポンプからみて効率的な中温水温度と、冷水主制御ヒートポンプからみて効率的な冷却水温度とを両立させ、熱源システム全体として高いエネルギー効率を実現することができる。

20

冷却水の下限温度は、より具体的には、要求される高温水温度を温水主制御ヒートポンプによって実現することができる最低限必要な温度とされる。

中温水は、低段側凝縮器から排熱を得た冷却水と熱交換するための中温水用熱交換器によって排熱を間接的に得るようにしてもよいし、低段側凝縮器内に設けた中温水用熱交換器によって排熱を直接得る（いわゆるヒートリカバリー機）ようにしても良い。

30

冷水は、例えば、5～10程度とされ、半導体製造設備の冷却水や、半導体製造設備が設置された工場（例えばクリーンルーム）の冷房に用いられる。

高温水は、例えば、60～70程度とされ、半導体製造設備の洗浄水の加熱に用いられる。

なお、冷水主制御ヒートポンプ及び温水主制御ヒートポンプとしては、例えば、ターボ圧縮機を備えたターボ冷凍機を用いることが好ましい。

また、冷水主制御ヒートポンプ及び温水主制御ヒートポンプは、それぞれ、1台に限定されるものではなく、それぞれを複数台備えた熱源システムであってもよい。

また、冷水主制御ヒートポンプの凝縮器を「低段側凝縮器」と表現し、温水主制御ヒートポンプの凝縮器を「高段側凝縮器」と表現しているが、これは、冷水主制御ヒートポンプの方が温水主制御ヒートポンプよりも外部負荷へ出力する媒体（水）の温度が低いので区別のために便宜上「低段側」と表現しているにすぎず、それ以上の意味に限定を行うものではない。したがって、「低段側蒸発器」と「高段側蒸発器」との関係も同様であり、また、本明細書では同様の意味で「低段側」と「高段側」という用語が用いられる。

40

## 【0012】

さらに、本発明にかかる熱源システムは、前記中温水を外部負荷へ出力する中温水出力手段を備え、該中温水出力手段に要求される中温水設定温度範囲内で、前記冷却水の運転温度が設定されることを特徴とする。

## 【0013】

50

中温水出力手段によって、熱源システム外部へと中温水が出力される。中温水は、例えば、32～45 程度とされ、半導体製造設備が設置された工場（例えばクリーンルーム）の暖房に用いられる。

中温水は、凝縮器の排熱によって加熱されるので、低段側凝縮器の排熱を奪う冷却水の温度に大きく依存する。そこで、要求される中温水の設定温度範囲を満たすように運転温度を設定し、かつ冷却水の下限温度よりも高い温度で運転することにより、中温水だけでなく高温水をも所望の温度範囲にて出力することができる。

したがって、冷水主制御ヒートポンプが要求する冷却水運転温度と温水主制御ヒートポンプが要求する冷却水運転温度が一致したとしても、この運転温度が中温水設定温度範囲内であれば、この運転温度は用いられず、中温水設定温度範囲内で両ヒートポンプの運転が最も効率的に運転できる（例えば最も消費電力が少ない運転となるように）冷却水温度に運転温度が設定される。

10

【0014】

さらに、本発明にかかる熱源システムは、前記中温水出力手段に対する出力要求がない場合には、前記中温水設定温度範囲にかかわらず、前記冷却水の前記運転温度が設定されることを特徴とする。

【0015】

中温水の出力要求がない場合には、中温水の設定温度範囲を考慮する必要がないので、中温水設定温度範囲にかかわらず（即ち中温水設定温度範囲を外れても）、冷却水の運転温度を定めることにより、効率的な運転が実現される。

20

【0016】

さらに、本発明にかかる熱源システムは、前記冷水主制御ヒートポンプが消費する電力と前記温水主制御ヒートポンプが消費する電力との和が略最小となるように、前記冷却水の運転温度が設定されることを特徴とする。

【0017】

冷水に要求される熱量が大きい夏期のような場合には、冷水主制御ヒートポンプの熱負荷（ひいては消費電力）が温水主制御ヒートポンプに比べて大きくなる。この場合には、冷却水温度を下げて冷水主制御ヒートポンプの消費電力を抑えることが好ましい。

一方、冷水に要求される熱量が小さい冬期のような場合には、冷水主制御ヒートポンプの熱負荷（ひいては消費電力）が小さくなり、温水主制御ヒートポンプの消費電力がむしろ大きくなる場合がある。この場合には、冷却水温度を上げて温水主制御ヒートポンプの消費電力を抑えることが好ましい。

30

そこで、冷水主制御ヒートポンプと温水主制御ヒートポンプの消費電力の和を考慮して、冷却水の運転温度を設定することとし、熱源システム全体としての省エネルギー運転を実現する。

【0018】

さらに、本発明に係る熱源システムは、前記冷却水を外気に散水して冷却する冷却塔を備え、該冷却塔は、冷却水温度を調整する冷却水温度調整手段を有していることを特徴とする。

【0019】

冷却水温度は、冷却塔に設けられた冷却水温度調整手段によって所望温度に設定される。

40

冷却水温度調整手段としては、例えば、冷却水を冷却するファンの回転数を可変制御する回転数可変制御手段、ファンの発停を制御するファン発停制御手段、ファンによって冷却される熱交換部（散水部）をバイパスする冷却水流量を調整する制御弁、冷却水を供給する冷却水ポンプの流量を制御する流量制御手段等が挙げられる。

【0020】

また、本発明にかかる熱源システムの制御方法は、冷媒の蒸発熱によって冷水を冷却する低段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱を冷却水に排熱する低段側凝縮器とを有し、前記低段側蒸発器にて冷却された冷水を外部負荷へ出力する冷水主制御ヒートポンプと、前記低段側

50

凝縮器から排熱を得た冷却水と熱交換するための中温水用熱交換器によって加熱された中温水、又は、前記低段側凝縮器内に設けた中温水用熱交換器によって加熱された中温水から熱が与えられて冷媒が蒸発する高段側蒸発器と、冷媒の凝縮熱によって高温水を加熱する高段側凝縮器とを有し、該高段側凝縮器にて加熱された高温水を外部負荷へ出力する温水主制御ヒートポンプと、を備えた熱源システムの制御方法において、前記熱源システムは、前記冷却水を外気に散水して冷却する冷却塔を備え、該冷却塔は、冷却水温度を調整する冷却水温度調整手段を有し、前記高温水の設定温度に基づいて、前記冷却水の下限温度が設定され、前記温水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷に対する前記冷水主制御ヒートポンプが出力する熱負荷の割合が所定値以上となった場合に、前記冷却水の設定温度として前記下限温度を用いることを特徴とする。

10

**【0021】**

冷水主制御ヒートポンプは、冷却水温度が低いほど高効率にて運転できるので、可能な限り冷却水温度を低くするように要求する。一方、温水主制御ヒートポンプでは、要求される温度の高温水を出力するために最低限必要な蒸発器側温度すなわち中温水温度がある。そこで、所望の高温水温度を得るために必要な中温水温度を確保するように、冷却水温度の下限値を設けることとし、必要量の低段側凝縮器排熱を中温水に与えることができるようにした。したがって、熱源システムは、下限値を下回らない冷却水温度にて運転されることになる。このように、本発明では高温水の設定温度に基づいて冷却水の下限温度が定められるので、冷水主制御ヒートポンプが低温の冷却水温度を要求した場合であってもこれを制限し、所望温度の中温水を確保することによって、温水主制御ヒートポンプにて所望温度の高温水を外部負荷へ出力することができる。換言すると、所望温度の高温水および冷水を得ることができるだけでなく、温水主制御ヒートポンプからみて効率的な中温水温度と、冷水主制御ヒートポンプからみて効率的な冷却水温度とを両立させ、熱源システム全体として高いエネルギー効率を実現することができる。

20

**【発明の効果】****【0022】**

本発明の熱源システムおよびその制御方法によれば、高温水の設定温度に基づいて冷却水の下限温度を定めることとしたので、温水主制御ヒートポンプからみて効率的な中温水温度と、冷水主制御ヒートポンプからみて効率的な冷却水温度を実現し、熱源システム全体として高いエネルギー効率を実現することができる。

30

**【発明を実施するための最良の形態】****【0023】**

以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

図1に示されているように、熱源システムは、低段側に設けられた冷水主制御ヒートポンプ1と、高段側に設けられた温水主制御ヒートポンプ51とを備えている。

各ヒートポンプ1, 51には、ターボ圧縮機を備えたターボ冷凍機(又はターボヒートポンプ)が用いられている。

**【0024】**

冷水主制御ヒートポンプ1は、周波数可変とされたインバータ制御による電動モータ3によって駆動され、冷媒を圧縮する低段側ターボ圧縮機5と、低段側ターボ圧縮機5によって圧縮された冷媒を凝縮させる低段側凝縮器7と、低段側凝縮器7によって凝縮された冷媒を膨張させる低段側膨張弁(図示せず)と、低段側膨張弁によって膨張された冷媒を蒸発させる低段側蒸発器9とを備えている。

40

**【0025】**

低段側蒸発器9には、冷水が流れる冷水配管10が接続されており、低段側蒸発器9にて蒸発する冷媒の蒸発潜熱によって冷水が冷却されるようになっている。冷水配管10には、冷水ポンプ12が設けられており、この冷水ポンプ12によって半導体製造設備等の冷水を使用する外部負荷(図示せず)と低段側蒸発器9との間で冷水が循環供給されるようになっている。冷水温度としては、5~10程度とされる。

**【0026】**

50

低段側凝縮器 7 には、冷却水が流れる冷却水配管 14 が接続されており、低段側凝縮器 7 にて凝縮する冷媒の凝縮潜熱を冷却水が排熱するようになっている。冷却水配管 14 の中途位置には、冷却水ポンプ 16 が設けられており、この冷却水ポンプ 16 によって冷却塔 18 と低段側凝縮器 7 との間で冷却水が循環供給されるようになっている。冷却水ポンプ 16 は、インバータ付きモータによって回転数可変とされており、冷却水流量を適宜調整して冷却水温度を制御できるようになっている。

冷却塔 18 は、冷却水を散水部 20 にて大気中に散水して冷却する方式となっており、散水された冷却水を冷却するためのファン 19 を備えている。ファン 19 は、インバータ付きモータによって回転数可変とされており、冷却水温度を制御できるようになっている。

10

冷却水ポンプ 16 及びファン 19 は、冷却塔 18 の制御部（図示せず）の指示に従い所定回転数にて動作する。

なお、さらに、冷却水が散水部 20 をバイパスするように冷却水バイパス配管を設け、この冷却水バイパス配管の流量を制御することによって冷却水温度を制御するようにしても良い。

#### 【0027】

低段側凝縮器 7 と冷却塔 18 との間で冷却水配管 14 には、中温水用熱交換器 21 が設けられている。この中温水用熱交換器 21 には、中温水ポンプ 23 から供給される温水を導く中温水配管 25 が設けられている。中温水配管 25 を通り、中温水用熱交換器 21 にて冷却水から温熱を得た中温水は、中温水供給配管（中温水出力手段）27 へと導かれ、暖房の熱源として用いられる。中温水温度としては、32～45 程度とされる。

20

#### 【0028】

また、冷水主制御ヒートポンプ 1 の運転動作を制御する低段側制御部 30 が設けられている。低段側制御部 30 は、冷水温度が設定値を維持するように、例えば、電動モータ 3 の回転数、ターボ圧縮機 5 に設けられたインレットガイドベーン（容量制御弁）の開度等を制御する。また、低段側制御部 30 は、運転状態に応じた適切な冷却水温度を、冷却塔 18 の制御部（図示せず）に出力する。

#### 【0029】

温水主制御ヒートポンプ 51 は、周波数可変とされたインバータ制御による電動モータ 53 によって駆動され、冷媒を圧縮する高段側ターボ圧縮機 55 と、高段側ターボ圧縮機 55 によって圧縮された冷媒を凝縮させる高段側凝縮器 57 と、高段側凝縮器 57 によって凝縮された冷媒を膨張させる高段側膨張弁（図示せず）と、高段側膨張弁によって膨張された冷媒を蒸発させる高段側蒸発器 59 とを備えている。

30

#### 【0030】

高段側蒸発器 59 には、中温水供給配管 27 から中温水を導く中温水導入配管 60 が接続されている。この中温水導入配管 60 から高段側蒸発器 59 内に導かれた中温水が冷媒に蒸発潜熱を与え、蒸発させるようになっている。中温水導入配管 60 の中途位置には、中温水ポンプ 62 が設けられており、この中温水ポンプ 62 によって、中温水供給配管 27 から中温水の一部が高段側蒸発器 59 側へと導かれる。

#### 【0031】

高段側凝縮器 57 には、高温水が流れる高温水配管 64 が接続されており、高段側凝縮器 57 にて凝縮する冷媒の凝縮潜熱によって高温水が加熱されるようになっている。高温水配管 64 の中途位置には、高温水ポンプ 66 が設けられており、この高温水ポンプ 66 によって外部負荷（例えば半導体製造装置の洗浄水加熱部）と凝縮器 57 との間で高温水が循環供給されるようになっている。高温水温度としては、60～70 程度とされる。

40

#### 【0032】

また、温水主制御ヒートポンプ 51 の運転動作を制御する高段側制御部 70 が設けられている。高段側制御部 70 は、高温水温度が設定値を維持するように、例えば、電動モータ 53 の回転数、ターボ圧縮機 55 に設けられたインレットガイドベーン（容量制御弁）の開度等を制御する。

50

高段側制御部 70 と低段側制御部 30 とは互いにデータ通信が可能とされている。高段側制御部 70 は、運転状態に応じて、設定された高温水温度を実現する要求中温水温度を、低段側制御部 30 に出力する。ただし、要求中温水温度は、後述するように、暖房を行う外部負荷から要求される温度範囲（例えば 32 ~ 45 ）内に設定される。

#### 【 0033 】

低段側制御部 30 では、高段側制御部 70 から要求中温水温度を受信し、要求中温水温度に対応した高段側要求冷却水温度を演算し、この高段側要求冷却水温度と、冷水主制御ヒートポンプ 1 が要求する低段側要求冷却水温度とを考慮して冷却水温度を演算する。このように演算される冷却水温度は、図 2 に示したグラフのように設定される。

#### 【 0034 】

図 2 の横軸は、温水主制御ヒートポンプ 51 の熱負荷（温熱）に対する冷水主制御ヒートポンプ 1 の熱負荷（冷熱）の割合であり、「冷熱 / 温熱」として表記されている。横軸が大きくなるに従い冷熱の割合が増加するので夏期での運転を意味し、横軸が小さくなるに従い温熱の割合が増加するので冬期での運転を意味する。図 2 の縦軸は、低段側制御部 30 によって冷却塔 18 の制御部（図示せず）へと出力される設定冷却水温度を示している。

#### 【 0035 】

同図に示されているように、冷熱の割合が大きい場合には設定冷却水温度に下限値となる下限温度  $T_1$  を設けている。このように下限温度  $T_1$  を設ける理由は以下の通りである。

冷水主制御ヒートポンプ 1 は、冷却水温度が低いほど高効率にて運転できるので、可能な限り冷却水温度を低くするように要求する。特に、冷熱の割合が大きい夏期では、11 ~ 13 程度の冷却水温度を要求する。ただし、温水主制御ヒートポンプ 51 では、要求される温度の高温水（例えば 60 ~ 70 ）を出力するために最低限必要な高段側蒸発器 57 の飽和圧力（飽和温度）すなわち中温水温度が存在する。そこで、所望の高温水温度を得るために必要な中温水温度を確保するために、温水主制御ヒートポンプ 51 の能力を考慮して、冷却水温度の下限値を設ける必要がある。

#### 【 0036 】

一方、温熱の割合が大きい場合には、冷却水温度が高いほど温水主制御ヒートポンプ 51 は高効率にて運転できる。ただし、冷却水温度が高くなると、機器の故障に至るおそれがあるので、設定冷却水温度に上限値となる上限温度  $T_2$  が定められている。

#### 【 0037 】

冷却水温度の下限温度  $T_1$  と上限温度  $T_2$  との間の「冷熱 / 温熱」の中間領域では、以下のように冷却水温度が設定される。

図 3 には、所定の熱負荷における、冷却水温度に対する消費電力が示されている。破線 L1 は冷水主制御ヒートポンプ 1 の消費電力を示し、細実線 L2 は温水主制御ヒートポンプ 51 の消費電力が示されている。太実線 L3 は、各ヒートポンプ 1, 51 の消費電力の和が示されている。

破線 L1 からわかるように、冷水主制御ヒートポンプ 1 では、同じ熱負荷でも、冷却水温度が低いほど高効率となり消費電力が低下する。一方、細実線 L2 からわかるように、温水主制御ヒートポンプ 51 では、同じ熱負荷でも、冷却水温度が高いほど高効率となり消費電力が低下する。したがって、太実線 L3 からわかるように、各ヒートポンプ 1, 51 の消費電力の和には、最小値となる冷却水温度が存在する。低段側制御部 30 では、この消費電力の和の最小値を示す冷却水温度を演算する。

破線 L1 及び細実線 L2 は、複数の値の冷熱負荷および温熱負荷に応じて予め用意されており、マップ又は数値テーブルとして低段側制御部 30 のメモリに格納されている。

#### 【 0038 】

図 4 には、消費電力を最小化する冷却水温度を演算する際のフローチャートが示されている。

先ず、現在時刻の時間ステップ  $S_i$  における冷却水温を決定する（ステップ  $S_0$ ）。

10

20

30

40

50

冷却塔 18 が散水式となっているので、外気温度（乾球温度）センサおよび相対湿度センサから（ステップ S 1）、湿球温度を演算し（ステップ S 2）、初期値となる冷却水温度  $T_0$  を演算する（ステップ S 3）。

次に、冷水主制御ヒートポンプ 1 の冷水出口設定温度から（ステップ S 4）、冷却水温度の上限値である上限温度  $T_2$  を得る（ステップ S 5）。同様に、温水主制御ヒートポンプ 5 1 の温水出口設定温度から（ステップ S 6）、冷却水温度の下限値である下限温度  $T_1$  を得る（ステップ S 7）。

#### 【 0 0 3 9 】

次に、下限温度  $T_1$  から上限温度  $T_2$  までの範囲において、所定刻みの温度  $T$  ごと（たとえば 1 ピッチ）に、冷水主制御ヒートポンプ 1 の消費電力  $g_l(T)$  と温水主制御ヒートポンプ 5 1 の消費電力  $g_h(T)$  とを求め、低段側制御部 30 のメモリに格納する。

冷水主制御ヒートポンプ 1 の消費電力  $g_l(T)$  は、冷水主制御ヒートポンプ 1 の負荷  $Q_l$  を用いて、負荷率  $x_l$  の例えば二次式として、以下のようにして求める。

$$g_l(x_l, T) = \{a_l(T) \cdot x_l^2 + b_l(T) \cdot x_l + c_l(T)\} \cdot Q_l$$

ここで、負荷率  $x_l$  とは、冷水主制御ヒートポンプ 1 の定格負荷に対する割合を意味し、0 から 1.2 程度の値となる。また、 $a_l$ 、 $b_l$ 、 $c_l$  といった係数は、各温度  $T$  に応じた変数となっており、予め事前運転や設計条件によって設定されている。

温水主制御ヒートポンプ 5 1 の消費電力  $g_h(T)$  についても同様に、温水主制御ヒートポンプ 5 1 の負荷  $Q_h$  を用いて、負荷率  $x_h$  の例えば二次式として、以下のようにして求める。

$$g_h(x_h, T) = \{a_h(T) \cdot x_h^2 + b_h(T) \cdot x_h + c_h(T)\} \cdot Q_h$$

ここで、負荷率  $x_h$  とは、温水主制御ヒートポンプ 5 1 の定格負荷に対する割合を意味し、0 から 1.2 程度の値となる。また、 $a_h$ 、 $b_h$ 、 $c_h$  といった係数は、各温度  $T$  に応じた変数となっており、予め事前運転や設計条件によって設定されている。

#### 【 0 0 4 0 】

そして、合計消費電力となる  $g_{total}(T)$  を、下式によって求める（ステップ S 8）。

$$g_{total}(T) = g_l(x_l, T) + g_h(x_h, T)$$

上式による演算結果は、低段側制御部 30 のメモリに格納される。この演算結果を用いて各温度  $T$  における  $g_{total}(T)$  を比較することにより、最小の消費電力となる  $T = T_m$ （ステップ S 9）を決定する。次に、ステップ 10 へ進み、求められた  $T_m$  が  $T_m > T_0$  であれば  $T = T_m$  を最適値とする（ステップ S 11）。 $T_m$  が  $T_m < T_0$  であれば  $T = T_0$  を最適値とする（ステップ S 12）。ただし、 $T_0 < T_1$  の場合、 $T_1 \sim T_2$  の範囲で  $T_m$  を求め、 $T_2 < T_0$  の場合、 $T_1 \sim T_2$  の範囲で  $T_m$  を求め、 $T_1 < T_0 < T_1$  の場合、 $T_0 \sim T_2$  の範囲で  $T_m$  を求めることとする。

このように求めた最適値が現在の時間ステップ ( $i$ ) における最適冷却水温度  $T_m$  となる。そして、次の時間ステップ  $S_{i+1}$  での最適値を求めるように（ステップ S 13）、ステップ S 0 から同様の演算を繰り返す。

以上のように求められた最適冷却水温度  $T_m$  を、制御目標値として設定冷却水温度とする。

このように決定された設定冷却水温度は、冷却塔の制御部（図示せず）へと送信され、設定冷却水温度が満たされるようにファン 19 の回転数や冷却水ポンプ 16 の回転数が制御される。

#### 【 0 0 4 1 】

以上の最適冷却水温度  $T_m$  の設定は、外部負荷から要求される中温水設定温度範囲を満たすように行わなければならない。すなわち、消費電力を最小にするためには冷却水温度を所定値まで低下させることが好ましい場合であっても、中温水設定温度範囲を実現できない場合にはこの最適冷却水温度  $T_m$  は採用されない。

ただし、暖房が必要ない場合といった外部負荷から中温水設定範囲の要求がない場合には、中温水設定温度範囲にかかわらず、各ヒートポンプ 1、5 1 の消費電力が最小となる

10

20

30

40

50

ように決定する。

このような冷却水温度の設定方法は、図5に示すように、中温水の出力が要求されない熱源システムに対しても有効である。図5の熱源システムでは、図1に示した中温水熱交換器21、中温水供給配管27等が省略されている。そして、低段側凝縮器7にて排熱を奪った冷却水の一部を中温水抽出配管73によって抽水し、高段側蒸発器59へと導き、高段側蒸発器59に温熱を与えた後に、冷却水ポンプ16の上流側の冷却水配管14へと返送するようになっている。なお、図1と同様の構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

#### 【0042】

以上の通り、本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

10

所望の高温水温度を得るために必要な中温水温度を確保するように、冷却水温度の下限値を設けることとし、必要量の低段側凝縮器7排熱を中温水に与えることができるようにした。したがって、熱源システムは、下限値を下回らない冷却水温度にて運転されることになる。このように、高温水の設定温度に基づいて冷却水の下限温度が定められるので、冷水主制御ヒートポンプ1が低温の冷却水温度を要求した場合であってもこれを制限し、所望温度の中温水を確保することによって、温水主制御ヒートポンプ51にて所望温度の高温水を出力することができる。換言すると、所望温度の高温水および冷水を得るだけでなく、温水主制御ヒートポンプ51からみて効率的な中温水温度と、冷水主制御ヒートポンプ1からみて効率的な冷却水温度とを両立させ、熱源システム全体として高いエネルギー効率を実現することができる。

20

#### 【0043】

冷水主制御ヒートポンプ1と温水主制御ヒートポンプ51の消費電力の和を考慮して、冷却水の運転温度を設定することとしたので、熱源システム全体としての省エネルギー運転を実現することができる。

#### 【0044】

なお、図1の熱源システムに代えて、図6に示すように、低段側凝縮器7にヒートリカバリー機を採用したものとしてもよい。凝縮器7には、中温水配管25が接続され、凝縮器7内の中温水熱交換器(図示せず)によって加熱されるようになっており、これにより、凝縮器7から熱を得る構成となっている。また、同図において、図1と同様の構成については同一の符号を付し、その説明を省略する。

30

また、本実施形態では、一つの熱源システムについて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、図1、図5及び図6に示した熱源システムを複数組み合わせたものでも良い。この場合には、各熱源システムに共通とされた冷却塔を備えていることが好ましい。

また、本実施形態では、設定冷却水温度の演算を低段側制御部30で演算することとしたが、本発明はこれに限定されるものではなく、高段側制御部70で演算することとしても良いし、別個独立した制御部を設けてもよい。

また、本実施形態では図4のグラフの元データとしてマップや数値テーブルをメモリに格納することとしたが、各負荷に応じて冷却水温度から消費電力が得られる所定の演算式をメモリに格納し、この演算式から冷却水温度を導くようにしても良い。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0045】

【図1】本発明の熱源システムを示した概略構成図である。

【図2】冷却水温度の設定方法を示したグラフである。

【図3】冷却水温度に対する消費電力の変化を示したグラフである。

【図4】消費電力を最小とする冷却水温度の設定方法を示したフローチャートである。

【図5】中温水の出力を行わない熱源システムを示した概略構成図である。

【図6】低段側凝縮器にヒートリカバリー機を採用した熱源システムを示した概略構成図である。

【図7】従来の熱源システムを示した概略構成図である。

50

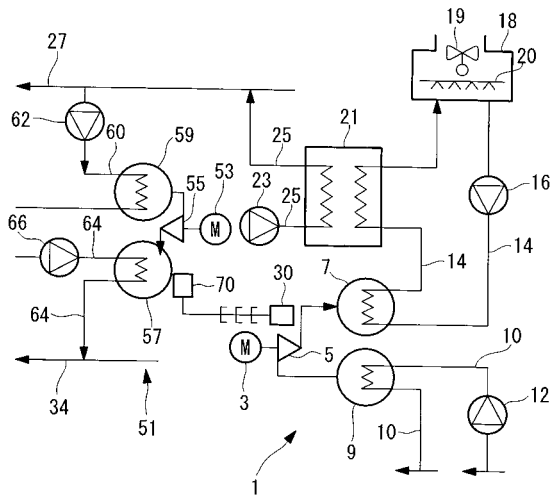
【図8】図7の熱源システムに対してヒートリカバリー機を採用した熱源システムを示した概略構成図である。

【符号の説明】

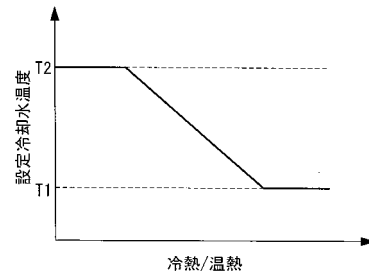
【0046】

- 1 冷水主制御ヒートポンプ
- 5 低段側ターボ圧縮機
- 7 低段側凝縮器
- 9 低段側蒸発器
- 10 冷水配管
- 14 冷却水配管
- 16 冷却水ポンプ
- 18 冷却塔
- 21 中温水用熱交換器
- 27 中温水供給配管（中温水出力手段）
- 51 温水主制御ヒートポンプ
- 55 低段側ターボ圧縮機
- 57 高段側凝縮器
- 59 高段側蒸発器
- 64 高温水配管

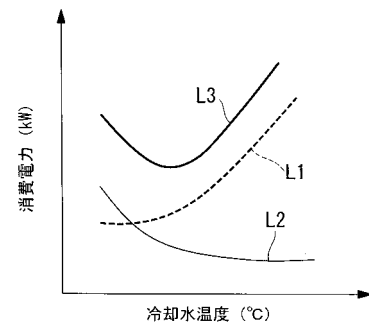
【図1】



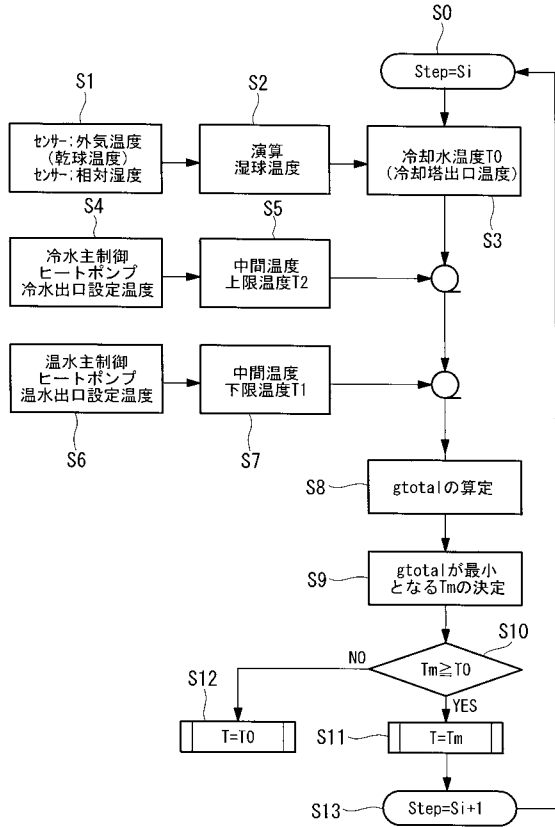
【図2】



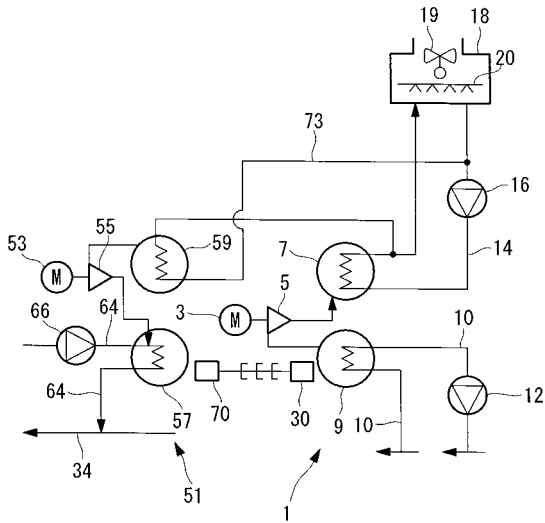
【図3】



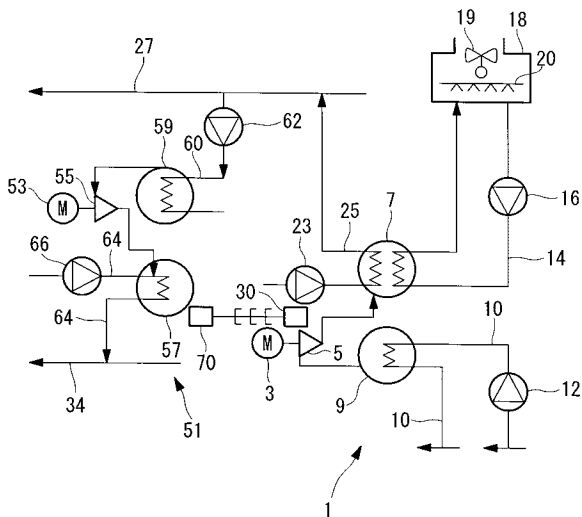
【図4】



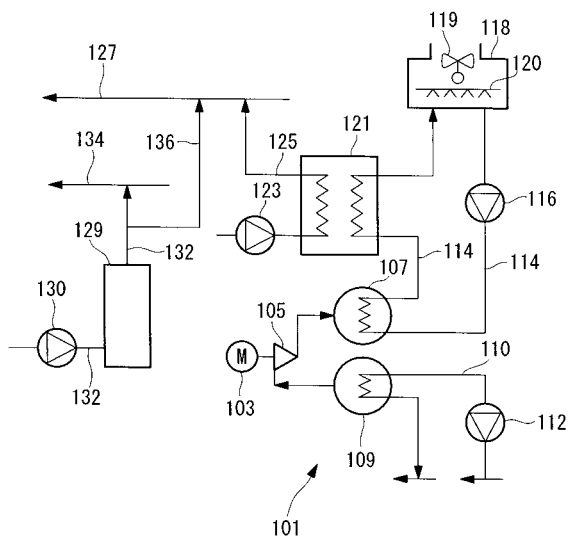
【図5】



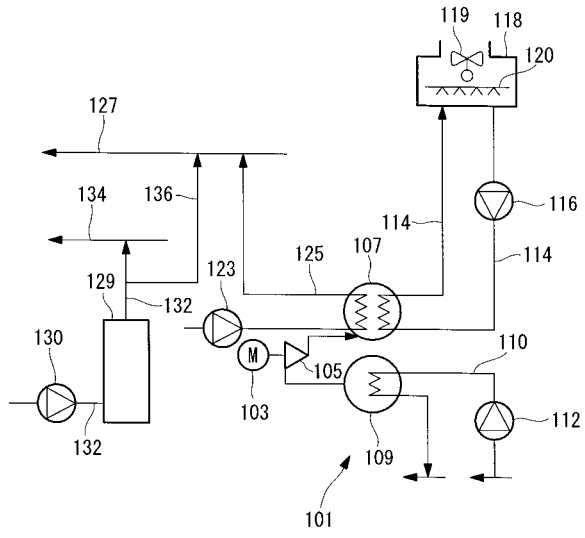
【図6】



【図7】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-315433(JP,A)  
実開平03-061262(JP,U)  
特開2006-023049(JP,A)  
特開昭62-049160(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 2 5 B	7 / 0 0
F 2 4 F	1 1 / 0 2
F 2 5 B	1 / 0 0
F 2 5 B	3 0 / 0 2