

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-200314

(P2016-200314A)

(43) 公開日 平成28年12月1日(2016.12.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 2 B 3/00 (2006.01)	F 2 2 B 3/00	
F 2 5 B 1/00 (2006.01)	F 2 5 B 1/00	3 7 1 B
F 2 5 B 6/04 (2006.01)	F 2 5 B 1/00	3 9 9 Y
F 2 5 B 49/02 (2006.01)	F 2 5 B 6/04	Z
	F 2 5 B 49/02	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2015-79448 (P2015-79448)
 (22) 出願日 平成27年4月8日 (2015.4.8)

(71) 出願人 000005234
 富士電機株式会社
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 柴田 修平
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 富士電機株式会社内
 (72) 発明者 小池 拓人
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 富士電機株式会社内
 (72) 発明者 中村 淳
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
 富士電機株式会社内

最終頁に続く

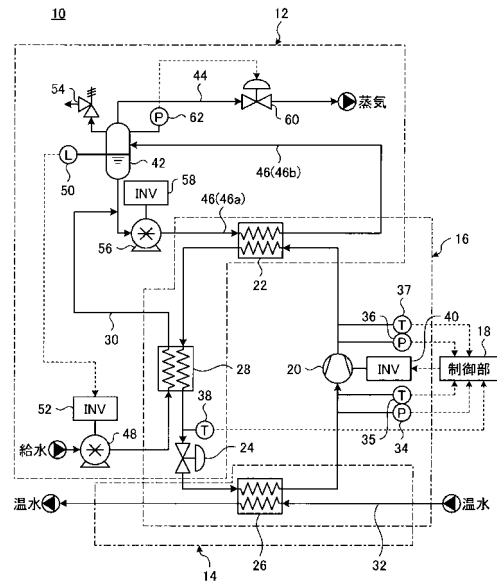
(54) 【発明の名称】 ヒートポンプ式蒸気生成装置及びヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法

(57) 【要約】

【課題】ヒートポンプ部での加熱出力を所望の値に制御でき、効率的且つ安定した運転を行うことができるヒートポンプ式蒸気生成装置及び該ヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法を提供する。

【解決手段】ヒートポンプ式蒸気生成装置10は、冷媒を圧縮する圧縮機20、圧縮機20で圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器22、凝縮器22を出た冷媒を減圧する膨張機構24及び熱源温水から熱を回収して冷媒を蒸発させる蒸発器26を環状に接続したヒートポンプ部16と、熱源温水を蒸発器26に供給する温水供給部14と、凝縮器22に被加熱水を供給し、該被加熱水を冷媒によって加熱して蒸気を生成する蒸気生成部12と、圧縮機20吐出側における冷媒の比エンタルピと膨張機構24入口側における冷媒の比エンタルピの差と、冷媒循環量とに基づいてヒートポンプ部16の加熱出力を算出し、算出した加熱出力が予め設定された設定出力となるように圧縮機20を制御する制御部18を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷媒を圧縮する圧縮機、該圧縮機で圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器、該凝縮器を出た冷媒を減圧する膨張機構及び熱源温水から熱を回収して冷媒を蒸発させる蒸発器を環状に接続したヒートポンプ部と、

前記熱源温水を前記蒸発器に供給する温水供給部と、

前記凝縮器に被加熱水を供給し、該被加熱水を前記冷媒によって加熱して蒸気を生成する蒸気生成部と、

を備えるヒートポンプ式蒸気生成装置であって、

前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピと前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピの差と、前記ヒートポンプ部の冷媒循環量とに基づいて前記ヒートポンプ部の加熱出力を算出し、該算出した加熱出力が設定出力となるように前記圧縮機を制御する制御手段を備えることを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のヒートポンプ式蒸気生成装置において、

前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピは、前記圧縮機吐出側における冷媒の圧力及び温度から算出され、

前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピは、前記圧縮機吐出側における冷媒の圧力及び前記膨張機構入口における冷媒の温度から算出されることを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のヒートポンプ式蒸気生成装置において、

前記ヒートポンプ部の冷媒循環量は、前記圧縮機吸入側における冷媒の密度と、前記圧縮機の単位時間あたりの排除容積と、前記圧縮機の体積効率とから算出されることを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のヒートポンプ式蒸気生成装置において、

前記圧縮機吸入側における冷媒の密度は、前記圧縮機吸入側における冷媒の圧力及び温度から算出されることを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のヒートポンプ式蒸気生成装置において、

前記ヒートポンプ部は前記凝縮器の出口と前記膨張機構の入口との間に加熱器を備え、前記被加熱水は該加熱器で加熱された後、前記凝縮器に供給されることを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置。

30

【請求項 6】

圧縮機、凝縮器、膨張機構及び蒸発器が環状に接続され、冷媒が流通するヒートポンプ部を用いて温水から熱を回収し、回収した熱を被加熱水に伝達して蒸気を生成するヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法であって、

前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピと前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピの差と、前記ヒートポンプ部の冷媒循環量とに基づいて前記ヒートポンプ部の加熱出力を算出し、該算出した加熱出力が設定出力となるように前記圧縮機を制御することを特徴とするヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱源温水から熱を回収して蒸気を生成するヒートポンプ式蒸気生成装置及び該ヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

蒸気生成装置の一つとして、工場排水や使用済冷却水等の排温水（熱源温水）から熱を

50

回収して蒸気を生成するヒートポンプ式蒸気生成装置がある。ヒートポンプ式蒸気生成装置は、ヒートポンプ部の蒸発器を排熱回収器として機能させ、ここで熱源温水から熱を冷媒に回収し、回収した熱を利用して凝縮器で被加熱水を加熱して蒸気を生成するため、ボイラ設備等を利用して蒸気を発生させる燃焼系蒸気生成装置に比べてランニングコストやCO₂の排出量を低減できるメリットがある。

【0003】

例えば特許文献1には、凝縮器で生成した蒸気の圧力を検出し、この検出値が予め設定された設定値となるように圧縮機を制御するヒートポンプ式蒸気生成装置が開示されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-42205号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、特許文献1の構成では、生成される蒸気の圧力に基づき圧縮機が制御されるため、ヒートポンプ部の加熱出力を所望の値に制御することはできない。このため、例えば生成する蒸気の圧力を一定に維持しつつ、ヒートポンプ部の加熱出力を増減させて蒸気の流量のみを増減させるといった運転制御ができず、効率的な運転を行うことが難しい場合がある。また、例えば蒸発器に導入される熱源温水の温度が低下した場合であっても、ヒートポンプ部の加熱出力を単独で調整してこの熱源温水の温度低下に柔軟に対応することができず、ヒートポンプ部の安定した運転が難しいという問題もある。

20

【0006】

本発明は、上記従来技術の課題を考慮してなされたものであり、ヒートポンプ部での加熱出力を所望の値に制御でき、効率的且つ安定した運転を行うことができるヒートポンプ式蒸気生成装置及び該ヒートポンプ式蒸気生成装置の運転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】

【0007】

30

本発明に係るヒートポンプ式蒸気生成装置は、冷媒を圧縮する圧縮機、該圧縮機で圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器、該凝縮器を出た冷媒を減圧する膨張機構及び熱源温水から熱を回収して冷媒を蒸発させる蒸発器を環状に接続したヒートポンプ部と、前記熱源温水を前記蒸発器に供給する温水供給部と、前記凝縮器に被加熱水を供給し、該被加熱水を前記冷媒によって加熱して蒸気を生成する蒸気生成部とを備えるヒートポンプ式蒸気生成装置であって、前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピと前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピの差と、前記ヒートポンプ部の冷媒循環量とに基づいて前記ヒートポンプ部の加熱出力を算出し、該算出した加熱出力が設定出力となるように前記圧縮機を制御する制御手段を備えることを特徴とする。

【0008】

40

また、本発明に係るヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法は、圧縮機、凝縮器、膨張機構及び蒸発器が環状に接続され、冷媒が流通するヒートポンプ部を用いて温水から熱を回収し、回収した熱を被加熱水に伝達して蒸気を生成するヒートポンプ式蒸気生成装置の運転方法であって、前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピと前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピの差と、前記ヒートポンプ部の冷媒循環量とに基づいて前記ヒートポンプ部の加熱出力を算出し、該算出した加熱出力が設定出力となるように前記圧縮機を制御することを特徴とする。

【0009】

このような構成及び方法によれば、蒸気生成部での蒸気の圧力等とは別個にヒートポンプ部の加熱出力を所望の値に制御することができる。このため、例えば熱源温水の温度変

50

動等によりヒートポンプ部の運転状態が変化した場合でも所望の加熱出力を維持した効率的な運転が可能となり、その出力の安定化を図ることができる。

【0010】

前記圧縮機吐出側における冷媒の比エンタルピは、前記圧縮機吐出側における冷媒の圧力及び温度から算出され、前記膨張機構入口側における冷媒の比エンタルピは、前記圧縮機吐出側における冷媒の圧力及び前記膨張機構入口における冷媒の温度から算出する構成とすると、ヒートポンプ部の加熱出力を精度よく算出することができる。

【0011】

前記ヒートポンプ部の冷媒循環量は、前記圧縮機吸入側における冷媒の密度と、前記圧縮機の単位時間あたりの排除容積と、前記圧縮機の体積効率とから算出する構成としてもよい。

10

【0012】

前記圧縮機吸入側における冷媒の密度は、前記圧縮機吸入側における冷媒の圧力及び温度から算出する構成としてもよい。

【0013】

前記ヒートポンプ部は前記凝縮器の出口と前記膨張機構の入口との間に加熱器を備え、前記被加熱水は該加熱器で加熱された後、前記凝縮器に供給される構成としてもよい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、蒸気生成部での蒸気の圧力等とは別個にヒートポンプ部の加熱出力を所望の値に制御することができる。このため、例えば熱源温水の温度変動等によりヒートポンプ部の運転状態が変化した場合でも所望の加熱出力を維持した効率的な運転が可能となり、その出力の安定化を図ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に係るヒートポンプ式蒸気生成装置の全体構成図である。

【図2】制御部によるヒートポンプ部の制御システムの構成を示すブロック図である。

【図3】制御部によるヒートポンプ部の加熱出力の制御方法の一手順を示すフローチャートである。

【図4】図3中のステップS1のサブルーチンである加熱出力現在値算出処理の一手順を示すフローチャートである。

30

【図5】ヒートポンプ部での冷凍サイクルを示すp-h線図の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明に係るヒートポンプ式蒸気生成装置について、その運転制御方法を例示して好適な実施の形態を挙げ、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明の一実施形態に係るヒートポンプ式蒸気生成装置10の全体構成図である。ヒートポンプ式蒸気生成装置10は、工場排水等の温水から排熱を回収し、回収した排熱を利用して水蒸気を生成するシステムであり、生成した水蒸気は乾燥装置や殺菌装置等の外部の蒸気利用設備に送られる。

40

【0018】

図1に示すように、ヒートポンプ式蒸気生成装置10は、水を蒸発させて水蒸気を生成し、外部へと送り出す蒸気生成部12と、温水供給部14によって供給される温水（熱源温水）から熱を回収し、この熱を蒸気生成部12での蒸気生成のための熱源として供給するヒートポンプ部16と、システムの制御を行う制御部18とを備える。

【0019】

ヒートポンプ部16は、冷媒を圧縮する圧縮機20と、圧縮機20で圧縮された冷媒を凝縮させる凝縮器22と、凝縮器22を出た冷媒を減圧する膨張機構24と、温水から熱を回収して冷媒を蒸発させる蒸発器26とを環状に接続し、冷媒を循環させる冷凍サイク

50

ル装置である。本実施形態では、凝縮器 2 2 の出口側と膨張機構 2 4 の入口側との間に加熱器 2 8 を接続している。膨張機構 2 4 は、例えば電子膨張弁である。

【 0 0 2 0 】

圧縮機 2 0 で圧縮されて高温高圧となった冷媒は、凝縮器 2 2 で蒸気生成部 1 2 を循環する水と熱交換して冷却され凝縮する。凝縮器 2 2 を出た冷媒は、加熱器 2 8 で給水経路 3 0 を流れる水を予熱してさらに冷却された後、膨張機構 2 4 で断熱膨張され、蒸発器 2 6 で温水供給部 1 4 の温水経路 3 2 を流れる温水から吸熱して蒸発して圧縮機 2 0 へと戻る。

【 0 0 2 1 】

ヒートポンプ部 1 6 の冷媒経路には、圧縮機 2 0 の吸入側の冷媒の圧力及び温度をそれぞれ検出する吸入圧力センサ 3 4 及び吸入温度センサ 3 5 と、圧縮機 2 0 の吐出側の冷媒の圧力及び温度をそれぞれ検出する吐出圧力センサ 3 6 及び吐出温度センサ 3 7 と、膨張機構 2 4 の入口側の冷媒の温度を検出する入口温度センサ 3 8 とが設置されている。圧縮機 2 0 は制御部 1 8 の制御下に、各センサ 3 4 ~ 3 8 の検出値に基づきインバータ (I N V) 4 0 を介してその運転回転数が制御される。

10

【 0 0 2 2 】

蒸気生成部 1 2 は、ヒートポンプ部 1 6 を循環する冷媒を熱源として水を蒸発させて蒸気を生成する凝縮器 2 2 と、凝縮器 2 2 で生成される水と蒸気を含む気液二相流を蒸気と水とに分離する水蒸気分離器 4 2 と、水蒸気分離器 4 2 で分離された蒸気を外部の蒸気利用設備に供給する蒸気供給経路 4 4 と、水蒸気分離器 4 2 で分離された水を給水経路 3 0 から供給される水と合流させて凝縮器 2 2 から水蒸気分離器 4 2 へと導く水循環経路 4 6 とを有する。

20

【 0 0 2 3 】

水蒸気分離器 4 2 は、鉛直方向に沿った円筒状容器で構成され、下端壁に接続された水循環経路 4 6 に接続された給水経路 3 0 から水が給水補給されることで容器内部に水を貯留する。給水経路 3 0 は、図示しない水道管や水タンクからの水 (給水) を給水ポンプ 4 8 によって加熱器 2 8 を経て水循環経路 4 6 まで導入する。給水ポンプ 4 8 は制御部 1 8 の制御下に、水蒸気分離器 4 2 内に貯留された水の水位を測定する水位センサ 5 0 の検出値 (水位) に基づきインバータ (I N V) 5 2 を介してその運転回転数が制御される。水蒸気分離器 4 2 には、内部の蒸気圧が所定圧力以上になった際に開放される圧力逃がし弁 5 4 が接続されている。

30

【 0 0 2 4 】

水循環経路 4 6 は、水蒸気分離器 4 2 の下端壁から凝縮器 2 2 までを連通する液管 4 6 a と、凝縮器 2 2 から水蒸気分離器 4 2 の上部側壁までを連通する蒸気管 4 6 b とから構成されている。液管 4 6 a には水が流通し、蒸気管 4 6 b には水及び蒸気を含む気液二相流が流通する。液管 4 6 a には循環ポンプ 5 6 が設けられている。循環ポンプ 5 6 は制御部 1 8 の制御下に、インバータ (I N V) 5 8 を介してその運転回転数が制御される。

【 0 0 2 5 】

蒸気供給経路 4 4 は、水蒸気分離器 4 2 の上端壁に接続され、蒸気管 4 6 b から当該水蒸気分離器 4 2 内に供給され、ここで水が分離された後の蒸気を外部に送り出す経路である。蒸気供給経路 4 4 には、流れる蒸気の圧力を調整する圧力調整弁 (蒸気圧力調整手段) 6 0 が設置されている。圧力調整弁 6 0 は、制御部 1 8 の制御下に、圧力センサ 6 2 で測定される水蒸気分離器 4 2 内の蒸気圧力に基づきその開度が調整される。圧力調整弁 6 0 の開度を適宜調整することにより、当該ヒートポンプ式蒸気生成装置 1 0 から外部に送り出される蒸気の流量や圧力を制御できる。蒸気供給経路 4 4 を流れる蒸気の圧力を調整する蒸気圧力調整手段としては、圧力調整弁 6 0 に代えて又はこれと共に蒸気を圧縮する蒸気圧縮機を用いてもよい。

40

【 0 0 2 6 】

制御部 (制御手段) 1 8 は、各センサ 3 4 ~ 3 8 の検出値に基づき圧縮機 2 0 の運転制御を行うことで、ヒートポンプ部 1 6 の加熱出力を制御する制御装置である。制御部 1 8

50

は、さらに給水ポンプ 48、循環ポンプ 56 及び圧力調整弁 60 の制御を行うものであってもよいが、これら蒸気生成部 12 側は図示しない別の制御部によって制御してもよい。

【0027】

図 2 は、制御部 18 によるヒートポンプ部 16 の制御システムの構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、制御部 18 は、加熱出力算出部 64 と、加熱出力比較部 66 と、記憶部 68 と、圧縮機運転制御部 70 とを備え、各センサ 34 ~ 38 の検出圧力及び検出温度に基づき圧縮機 20 の運転制御を行う。

【0028】

加熱出力算出部 64 は、当該ヒートポンプ式蒸気生成装置 10 の運転中にヒートポンプ部 16 の加熱出力（加熱出力現在値）を逐次算出し、その算出結果を加熱出力比較部 66 に送信する。

10

【0029】

記憶部 68 には、実験等によって予め設定されたヒートポンプ部 16 の加熱出力の設定値（設定出力）が記憶されている。この設定値は、例えば外部の蒸気利用設備で利用する蒸気の生成に必要な最適な加熱出力や、温水供給部 14 で蒸発器 26 に供給される熱原温水の温度や流量に応じた最適な加熱出力を予め実験等によって算出し、例えば数式やテーブルデータ等として設定したものである。

【0030】

加熱出力比較部 66 は、加熱出力算出部 64 で算出された加熱出力の現在値と、記憶部 68 に設定された加熱出力の設定値とを比較し、その比較結果を圧縮機運転制御部 70 に送信する。

20

【0031】

圧縮機運転制御部 70 は、加熱出力比較部 66 から送信された加熱出力の現在値と設定値との比較結果に基づき、インバータ 40 を介して圧縮機 20 の運転回転数を制御する。具体的には、圧縮機運転制御部 70 は、加熱出力の現在値と設定値との比較結果に基づき、例えば現在値が設定値より大きな場合は圧縮機 20 の運転回転数を低減させ、現在値が設定値未満の場合は圧縮機 20 の運転回転数を増大させ、現在値が設定値と同一又は同一と見なされる誤差範囲内の場合は圧縮機 20 の運転回転数を維持する。これにより、制御部 18 は、ヒートポンプ部 16 の加熱出力が記憶部 68 に記憶された所定の設定出力となるように圧縮機 20 の運転回転数を制御する。

30

【0032】

次に、以上のように構成されたヒートポンプ式蒸気生成装置 10 の運転方法について説明する。

【0033】

図 3 は、制御部 18 によるヒートポンプ部 16 の加熱出力の制御方法の一手順を示すフローチャートである。

【0034】

ヒートポンプ式蒸気生成装置 10 はその定常運転時、ヒートポンプ部 16 によって温水供給部 14 の温水経路 32 を流れる温水の熱を蒸発器 26 で冷媒に回収し、冷媒に回収した熱を凝縮器 22 で蒸気生成部 12 の給水経路 30 を流れる水に移動させて蒸気を生成する。これにより、排熱を効率的に回収して利用し、高い省エネ性能が発揮される。

40

【0035】

ヒートポンプ式蒸気生成装置 10 の運転中、制御部 18 は、図 3 に示す制御方法によって圧縮機 20 の運転回転数を制御し、ヒートポンプ部 16 の加熱出力を所定の設定出力に制御する運転方法を実施する。この運転方法では、図 3 中のステップ S1 において加熱出力現在値算出処理を実行し、ヒートポンプ部 16 の加熱出力の現在値を算出する。

【0036】

図 4 は、図 3 中のステップ S1 のサブルーチンである加熱出力現在値算出処理の一手順を示すフローチャートであり、図 5 は、ヒートポンプ部 16 での冷凍サイクルを示す p-h（圧力 - エンタルピ）線図の一例を示す図である。なお、図 5 において、点 1 は圧縮機

50

20の吸入時の冷媒状態を示し、点2は圧縮機20の吐出時の冷媒状態を示し、点3'は凝縮器22の出口での冷媒状態を示し、点3は膨張機構24の入口での冷媒状態を示し、点4は膨張機構24の出口での冷媒状態を示している。

【0037】

まず、ヒートポンプ部16の加熱出力(kW)は、各センサ34~38の検出値に基づいて算出される圧縮機20の吐出から膨張機構24の入口までの冷媒の比エンタルピ差 h (kJ/kg)と、ヒートポンプ部16のサイクル内での冷媒循環量 m (kg/sec)の積として加熱出力算出部64によって演算される。

【0038】

そこで、図4中のステップS11において、制御部18は、吸入圧力センサ34、吸入温度センサ35、吐出圧力センサ36、吐出温度センサ37及び入口温度センサ38による検出値を取得する。つまり、ステップS11では、図5に示す圧縮機20の吸入側の冷媒圧力(吸入冷媒圧力 P_1)及び温度(吸入冷媒温度 T_1)と、圧縮機20の吐出側の冷媒圧力(吐出冷媒圧力 P_2)及び温度(吐出冷媒温度 T_2)と、膨張機構24の入口温度(入口温度 T_3)を取得する。

【0039】

まず、比エンタルピ差 h を算出するために、ステップS12では、ステップS11で取得した吐出冷媒圧力 P_2 と吐出冷媒温度 T_2 とから圧縮機吐出比エンタルピ h_2 を算出し、吐出冷媒圧力 P_2 と入口温度 T_3 とから膨張機構入口比エンタルピ h_3 を算出する。なお、本実施形態では、圧縮機20の吐出から膨張機構24の入口までの冷媒の圧力損失は小さく無視できるとして圧縮機20の吐出冷媒圧力 P_2 と膨張機構24の入口冷媒圧力の圧力差を無視しているが、圧力損失が大きい場合には膨張機構24の入口にも圧力センサを設け、膨張機構24の入口冷媒圧力と膨張機構24の入口冷媒温度とから膨張機構入口比エンタルピ h_3 を算出してもよい。

【0040】

続いてステップS13において、ステップS12で算出した圧縮機吐出比エンタルピ h_2 から膨張機構入口比エンタルピ h_3 を減じることで、圧縮機20の吐出から膨張機構24の入口までの冷媒の比エンタルピ差 h を算出する。

【0041】

次に、冷媒循環量 m を算出するために、ステップS14では、ステップS11で取得した吸入冷媒圧力 P_1 と吸入冷媒温度 T_1 とから圧縮機20の吸入冷媒密度($\rho = \rho(P_1, T_1)$)を算出する。すなわち、ヒートポンプ部16に用いている冷媒固有の物性値である密度をそのときの吸入冷媒圧力 P_1 及び吸入冷媒温度 T_1 から算出する。

【0042】

またステップS15では、圧縮機20の単位時間あたりの排除容積 V と、圧縮機20の体積効率 η_v を算出する。すなわち、単位時間あたりの排除容積 V は、圧縮機20の回転あたりの排除容積(カタログ値)と圧縮機運転制御部70から得たインバータ40への指令値に基づいて得られる単位時間あたりの圧縮機20の回転数とから算出する。さらに、体積効率 η_v は、圧縮機固有の特性であり、カタログデータや特性取得実験により取得できるが、一般的には圧縮比 P_2/P_1 の関数となるため、取得した特性と P_1 、 P_2 の測定値とから算出する($\eta_v = \eta_v(P_2/P_1)$)。

【0043】

続いてステップS16において、ステップS14で算出した吸入冷媒密度 ρ と、ステップS15で算出した排除容積 V 及び体積効率 η_v との積として冷媒循環量 m を算出する($m = \rho \times V \times \eta_v$)。

【0044】

従ってステップS17において、ステップS13で算出した比エンタルピ差 h と、ステップS16で算出した冷媒循環量 m との積を求めることで、ヒートポンプ部16の加熱出力の現在値 Q_1 を算出する($Q_1 = h \times m$)。これにより、図3中のステップS1に示した加熱出力現在値算出処理が終了し、加熱出力の現在値 Q_1 が得られる。なお、ステ

10

20

30

40

50

ップS12～S13の比エンタルピ差 h の算出と、ステップS14～S16の冷媒循環量 m の算出とは、いずれを先に行ってもよく両方を並列に行ってもよい。

【0045】

そこで図3に戻り、ステップS2において加熱出力比較部66は、図4中のステップS17で算出した加熱出力の現在値 $Q1$ と、記憶部68に記憶されている加熱出力の設定値 $Q2$ とを比較する。

【0046】

現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ よりも大きな場合は(ステップS2のYes)、圧縮機運転制御部70の制御下にインバータ40を介して圧縮機20の運転回転数を低減させ(ステップS3)、現在値 $Q1$ を設定値 $Q2$ に合わせるように圧縮機20の運転を制御すると共に

10

【0047】

現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ 以下である場合は(ステップS2のNo)、続いて現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ 未満であるか否かが判定される(ステップS4)。そして、現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ 未満ではない、つまり現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ と等しいか或いは所定の誤差の範囲内にあつて等しいと判断できる場合は(ステップS4のNo)、処理を終了してステップS1に戻る。一方、現在値 $Q1$ が設定値 $Q2$ 未満である場合は(ステップS4のYes)、圧縮機運転制御部70の制御下にインバータ40を介して圧縮機20の運転回転数を増大させ(ステップS5)、現在値 $Q1$ を設定値 $Q2$ に合わせるように圧縮機20の運転を制御すると共にステップS1に戻る。

20

【0048】

従つて、ヒートポンプ式蒸気生成装置10では、上記のように加熱出力の現在値 $Q1$ を設定値 $Q2$ に合わせるように圧縮機20の運転回転数を調整する制御方法を繰り返し実行することでヒートポンプ部16の加熱出力を所望の値に制御することができる。この加熱出力の制御は、PID制御その他任意のフィードバック制御を用いて行つてもよく、例えば圧縮機運転制御部70での圧縮機20の制御結果を加熱出力算出部64にフィードバックし、次の加熱出力の算出に利用してもよい。

【0049】

以上のように、本実施形態に係るヒートポンプ式蒸気生成装置10では、圧縮機20吐出側における冷媒の比エンタルピ $h2$ と膨張機構24入口側における冷媒の比エンタルピ $h3$ の差(比エンタルピ差 h)と、ヒートポンプ部16の冷媒循環量 m とに基づいてヒートポンプ部16の加熱出力(現在値 $Q1$)を算出し、算出した加熱出力が設定出力(設定値 $Q2$)となるように圧縮機20を制御する制御部18を備える。

30

【0050】

従つて、ヒートポンプ式蒸気生成装置10では、蒸気生成部12での蒸気の圧力等とは別個にヒートポンプ部16の加熱出力を所望の値に制御することができる。このため、例えば熱源温水の温度変動等によりヒートポンプ部16の運転状態が変化した場合でも所望の加熱出力を維持した効率的な運転が可能となり、その出力の安定化を図ることができる。すなわち、例えば蒸発器26に導入される温水の温度が低下した場合に、圧縮機20の運転回転数を増大させることによりヒートポンプ部16の加熱出力を維持することができ

40

【0051】

なお、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で自由に変更できることは勿論である。

【0052】

比エンタルピ差 h や冷媒循環量 m の算出は、本実施例による算出方法に限られず、他

50

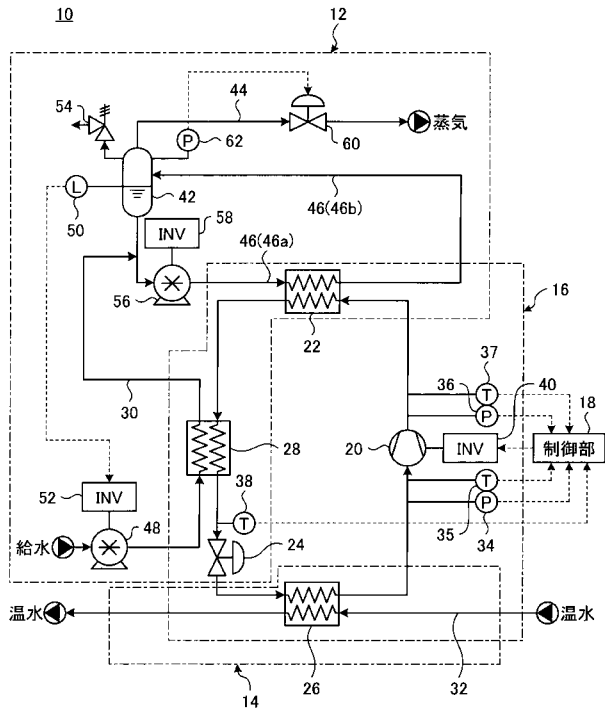
のパラメータから推定してもよく、実験等によって予め取得したパラメータを入力してもよい。また上記実施形態では、膨張機構 24 の入口温度 T3 を膨張機構 24 の入口側に設けた入口温度センサ 38 によって測定するものとしたが、ヒートポンプ部 16 において膨張機構 24 の入口温度がほとんど変動しない系で構成されている場合等には、入口温度センサ 38 を省略し、例えば実験等によって予め取得した入口温度を用いてもよい。

【符号の説明】

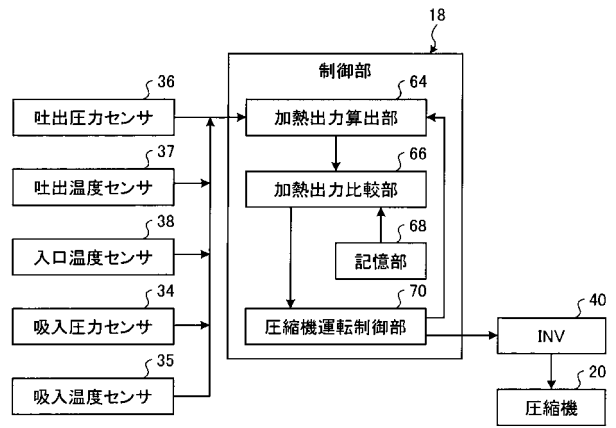
【0053】

10	ヒートポンプ式蒸気生成装置	
12	蒸気生成部	
14	温水供給部	10
16	ヒートポンプ部	
18	制御部	
20	圧縮機	
22	凝縮器	
24	膨張機構	
26	蒸発器	
28	加熱器	
30	給水経路	
32	温水経路	
34	吸入圧力センサ	20
35	吸入温度センサ	
36	吐出圧力センサ	
37	吐出温度センサ	
38	入口温度センサ	
40, 52, 58	インバータ	
42	水蒸気分離器	
44	蒸気供給経路	
46	水循環経路	
64	加熱出力算出部	
66	加熱出力比較部	30
68	記憶部	
70	圧縮機運転制御部	

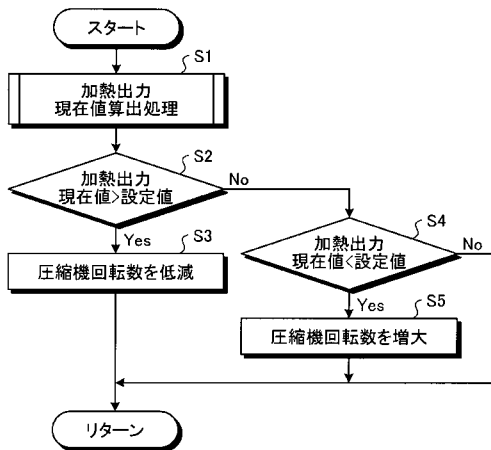
【 図 1 】



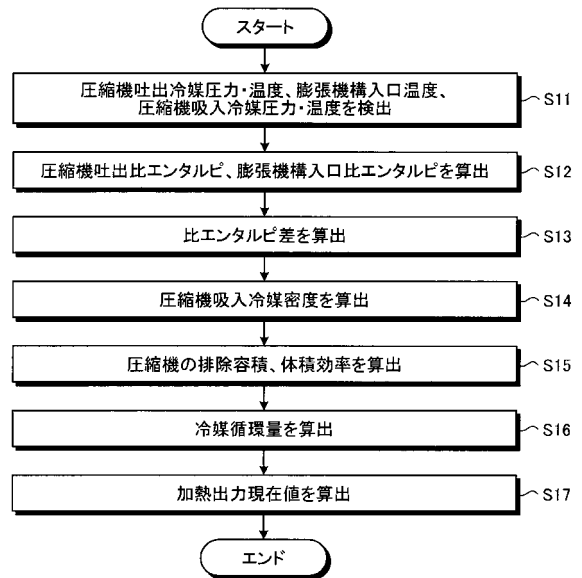
【 図 2 】



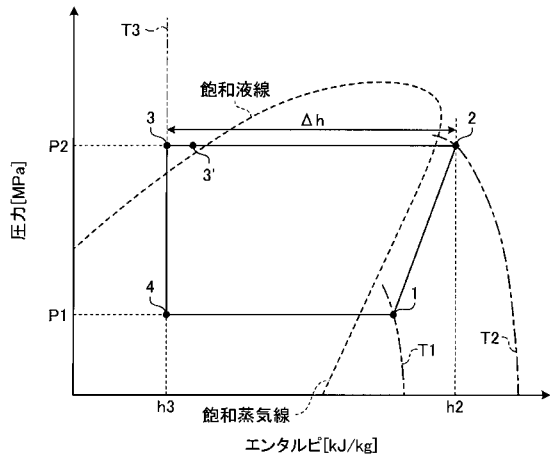
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 森 泰二

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内