

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 2 月 4 日(04.02.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/017718 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 1/00 (2006.01) *F25B 1/053* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071559
- (22) 国際出願日: 2015 年 7 月 29 日(29.07.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-154938 2014 年 7 月 30 日(30.07.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松倉 紀行(MATSUKURA, Noriyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 松尾 実(MAT-SUO, Minoru); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 立石 浩毅(TATEISHI, Koki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2

ー 2 - 1 横浜ランドマークタワー 3 7 F
Kanagawa (JP).

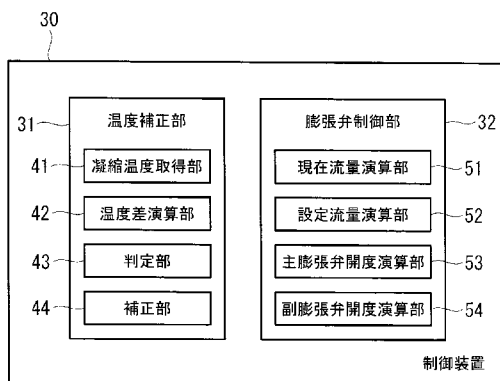
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: TURBO REFRIGERATOR, CONTROL DEVICE THEREFOR, AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: ターボ冷凍機及びその制御装置並びにその制御方法



- 30 Control device
31 Temperature correction unit
32 Expansion-valve control unit
41 Condensation-temperature acquisition unit
42 Temperature-difference calculation unit
43 Determination unit
44 Correction unit
51 Current-flow-rate calculation unit
52 Setting-flow-rate calculation unit
53 Main expansion valve opening-degree calculation unit
54 Auxiliary expansion valve opening-degree calculation unit

(57) Abstract: The objective of the present invention is to reduce control delay in an expansion valve due to measurement delay in a thermometer. A control device (30) for a turbo refrigerator is provided with a temperature correction unit (31) for correcting a hot-water inlet temperature and a hot-water outlet temperature, and an expansion-valve control unit (32) for controlling the opening degree of a main expansion valve using the hot-water inlet temperature and the hot-water outlet temperature which were corrected by the temperature correction unit (31). The temperature correction unit (31) has a condensation-temperature acquisition unit (41) for acquiring a condensation temperature based on condensation pressure, a temperature-difference calculation unit (42) for subtracting the condensation temperature at a fixed amount of time earlier from the current condensation temperature to calculate a temperature difference, a determination unit (43) for determining whether the absolute value of the temperature difference is at or above a preset threshold, and a correction unit (44) for adding the temperature difference to the hot-water inlet temperature and the hot-water outlet temperature when the absolute value of the temperature difference is at or above the threshold.

(57) 要約:

[続葉有]

温度計の計測遅れに起因する膨張弁の制御遅れを緩和することを目的とする。ターボ冷凍機の制御装置（３０）は、温水入口温度及び温水出口温度を補正する温度補正部（３１）と、温度補正部（３１）によって補正された温水入口温度及び温水出口温度を用いて、主膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御部（３２）とを備えている。温度補正部（３１）は、凝縮圧力から凝縮温度を取得する凝縮温度取得部（４１）と、現在の凝縮温度から一定期間前の凝縮温度を減算して温度差を演算する温度差演算部（４２）と、温度差の絶対値が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する判定部（４３）と、温度差の絶対値が閾値以上である場合に、温水入口温度及び温水出口温度に前記温度差を加算する補正部（４４）とを有している。

明 細 書

発明の名称：ターボ冷凍機及びその制御装置並びにその制御方法 技術分野

[0001] 本発明は、ターボ冷凍機及びその制御装置並びにその制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、図9に示すようなターボ冷凍機100が知られている。ターボ冷凍機100は、2段ターボ圧縮機102と、凝縮器103と、エコノマイザ104と、主膨張弁105と、蒸発器107とを順次接続する冷凍サイクルの主回路を備えている。ターボ圧縮機102において圧縮され、高温高圧とされたガス冷媒は凝縮器103に送出される。凝縮器103は、プレート式熱交換器であり、温水回路111を循環する温水とガス冷媒とを熱交換させることにより、温水を所定温度まで昇温させる。

[0003] 凝縮器103において凝縮液化された冷媒は、エコノマイザ104に供給される。エコノマイザ104は、凝縮器103からの液冷媒（主回路中を流れる液化冷媒）と、主回路から分流されて副膨張弁113により減圧された冷媒とを熱交換させ、冷媒の蒸発潜熱により主回路中を流れる液冷媒を過冷却するプレート式の冷媒／冷媒熱交換器である。エコノマイザ104は、液冷媒を過冷却することにより蒸発されたガス冷媒を2段ターボ圧縮機102の中間吸入口102Cから中間圧の圧縮冷媒中に注入するためのガス回路を備えている。主膨張弁105は、エコノマイザ104を経て過冷却された冷媒を膨張させて蒸発器107に供給する。蒸発器107は、プレート式熱交換器であり、主膨張弁105から導かれた冷媒と熱源水回路115を循環される熱源水とを熱交換させることにより、冷媒を蒸発させ、その蒸発潜熱により熱源水を冷却する。

[0004] 冷媒、温水および熱源水の温度や圧力を測定する測定手段として、2段ターボ圧縮機2の吸入口102A、吐出口102B、中間吸入口102Cには

、圧力計 141、142、143 および温度計 131、132、133 が設けられ、温水回路 111 の入口および出口、熱源水回路 15 の入口および出口には、各々温度計 135、136、137、138 が設けられ、主膨張弁 105 の入口には、温度計 134 が設けられている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2012-77971 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したようなターボ冷凍機 100に限らず、ターボ冷凍機等に一般的に用いられる温度計は、応答性が悪く、数分程度の遅れが生じることが知られている。これは、安全面やメンテナンスのしやすさなどから、温度計測部を直接的に管に差し込むことができないからである。例えば、図 10 に温度計の一構成例を示す。図 10 (a) は、保護管付測温抵抗体（2重構造とされた温度計）を管に挿入した例、図 10 (b) は、管の外壁に温度計を溶接することにより温度を間接的に計測する例を示している。

そして、上記のように温度計の応答が悪いことにより、以下のような問題が生ずる。

例えば、図 9 に示したターボ冷凍機 100 を例に挙げると、温水回路 111 を循環する温水に急激な温度変化が生じた場合（例えば、ユーザによって温水に多量の水が加えられることにより、凝縮器 103 の入口側温水温度が急激に低下する場合など）には、この温度変化を速やかに捉え主膨張弁 105 及び副膨張弁 113 の開度を絞る必要がある。しかしながら、温度計の計測遅れにより、主膨張弁 105、副膨張弁 113 の制御が遅れるため、膨張弁の開度が実際の温度に比べて過大となり、蒸発器 107 やエコノマイザ 104 から蒸発しきれない液冷媒が 2 段ターボ圧縮機 102 に吸い込まれ、2 段ターボ圧縮機 102 が損傷するおそれがあった。

[0007] 本発明は、温度計の計測遅れに起因する膨張弁の制御遅れを緩和することのできるターボ冷凍機及びその制御装置並びに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

[0008] 本発明の第1態様は、圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記凝縮器に流入する熱媒の入口温度を計測する第1温度計測手段と、前記凝縮器から流出する熱媒の出口温度を計測する第2温度計測手段と、凝縮圧力を計測する圧力計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御装置であって、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測された温度を補正する温度補正手段と、前記温度補正手段によって補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御手段とを備え、前記温度補正手段は、前記圧力計測手段によって取得された凝縮圧力から凝縮温度を取得する凝縮温度取得手段と、現在の前記凝縮温度から一定期間前の凝縮温度を減算して温度差を演算する温度差演算手段と、前記温度差の絶対値が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する判定手段と、前記温度差の絶対値が前記閾値以上である場合に、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測されたそれぞれの温度に前記温度差を加算する補正手段とを具備するターボ冷凍機の制御装置である。

[0009] 上記ターボ冷凍機の制御装置によれば、凝縮温度取得手段によって凝縮圧力に基づく凝縮温度が取得され、温度差演算手段によって、現在の凝縮温度と一定期間前の凝縮温度との温度差が演算される。そして、判定手段によって、この温度差の絶対値が所定の閾値以上であるかが判定され、温度差の絶対値が閾値以上である場合に、補正手段によって第1温度計測手段及び第2温度計測手段によって計測されたそれぞれの温度に温度差が加算されることにより、温度が補正される。これにより、温度変化を早期に捉えることが可能となり、温度計測手段の計測遅れを緩和させることが可能となる。そして、補正後の温度を用いた膨張弁の制御が膨張弁制御手段によって行われるこ

とにより、第1温度計測手段及び第2温度計測手段による計測遅れに起因する膨張弁の制御遅れを緩和することが可能となる。

[0010] 上記ターボ冷凍機の制御装置において、前記一定期間は、冷媒が前記主回路を一巡する期間に設定されていてもよい。

[0011] 上記ターボ冷凍機の制御装置によれば、熱媒の入口温度の変動を的確にとらえることが可能となる。

[0012] 前記ターボ冷凍機の制御装置は、前記凝縮器と前記膨張弁との間に設けられ、前記主回路を流れる液冷媒と前記主回路から分流されて副膨張弁により減圧された冷媒とを熱交換させ、前記主回路を流れる液冷媒を過冷却する熱交換器と、前記熱交換器において前記主回路を流れる液冷媒と熱交換を終えた冷媒を前記圧縮機に戻すガス回路とを備えていてもよく、前記制御装置において、前記膨張弁制御手段は、前記温度補正手段によって補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて前記副膨張弁の開度制御を行うこととしてもよい。

[0013] 上記ターボ冷凍機の制御装置によれば、補正後の温度を用いて副膨張弁の制御が行われるので、第1温度計測手段及び第2温度計測手段による計測遅れに起因する副膨張弁の制御遅れを緩和することが可能となる。

[0014] 本発明の第2態様は、圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記蒸発器に流入する熱源水の入口温度を計測する熱源水入口温度計測手段と、前記蒸発器から流出する熱源水の出口温度を計測する熱源水出口温度計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御装置であって、前記熱源水出口温度から前記熱源水入口温度を引いた値に対する、前記熱源水入口温度から蒸発温度を引いた値の比率が、安定時における目標比率に一致するような前記蒸発温度を算出する蒸発温度補正手段と、前記蒸発温度補正手段によって補正された蒸発温度から得られた蒸発圧力を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御手段とを備えるターボ冷凍機の制御装置である。

[0015] 上記ターボ冷凍機の制御装置によれば、蒸発温度補正手段によって、熱源

水出口温度から熱源水入口温度を引いた値に対する、熱源水入口温度から蒸発温度を引いた値の比率が、安定時における目標比率に一致するような蒸発温度が算出される。そして、蒸発温度補正手段によって算出された蒸発温度を膨張弁の開度制御に反映させることで、膨張弁の開度が過大になることを回避することが可能となる。

[0016] 本発明の第3態様は、上記の制御装置を備えたターボ冷凍機である。

[0017] 本発明の第4態様は、圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記凝縮器に流入する熱媒の入口温度を計測する第1温度計測手段と、前記凝縮器から流出する熱媒の出口温度を計測する第2温度計測手段と、凝縮圧力を計測する圧力計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御方法であって、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測された温度を補正する温度補正工程と、前記温度補正工程において補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御工程とを含み、前記温度補正工程は、前記圧力計測手段によって取得された凝縮圧力から凝縮温度を取得する凝縮温度取得工程と、現在の前記凝縮温度から一定期間前の凝縮温度を減算して温度差を演算する温度差演算工程と、前記温度差の絶対値が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する判定工程と、前記温度差の絶対値が前記閾値以上である場合に、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測されたそれぞれの温度に前記温度差を加算する温度補正工程とを含むターボ冷凍機の制御方法である。

[0018] 本発明の第5態様は、圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記蒸発器に流入する熱源水の入口温度を計測する熱源水入口温度計測手段と、前記蒸発器から流出する熱源水の出口温度を計測する熱源水出口温度計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御方法であって、前記熱源水出口温度から前記熱源水入口温度を引いた値に対する、前記熱源水入口温度から蒸発温度を引いた値の比率が、安定時における目標比率に一致するような前記蒸発温度を算出

する蒸発温度補正工程と、前記蒸発温度補正工程において補正された蒸発温度から得られた蒸発圧力を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御工程とを備えるターボ冷凍機の制御方法である。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、温度計の計測遅れに起因する膨張弁の制御遅れを緩和することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の第1実施形態に係るターボ冷凍機の概略構成を示した図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る制御装置の機能ブロック図である。

[図3]現在流量演算部によって実行される処理のフローチャートを示した図である。

[図4]主膨張弁開度演算部により実行される処理を示したフローチャートである。

[図5]副膨張弁開度演算部により実行される処理を示したフローチャートである。

[図6]本発明の第1実施形態に係る制御装置の制御について説明するための図である。

[図7]温度センサによって計測された熱源水入口温度 T_{swi} 、温度センサによって計測された熱源水出口温度 T_{swo} 、蒸発圧力 P_s から換算した蒸発温度 E_T 、及び圧縮機吐出温度の時間的推移の一例を示した図である。

[図8]本発明の第2実施形態に係る制御装置の機能ブロック図である。

[図9]従来のターボ冷凍機の一構成例を示した図である。

[図10]温度計の一構成例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0021] [第1実施形態]

以下に、本発明の第1実施形態に係るターボ冷凍機及びその制御装置並びに制御方法について、図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るターボ冷凍機の概略構成を示した図である。図 1 に示すように、ターボ冷凍機 1 は、圧縮機 2 と、凝縮器 3 と、エコノマイザ 4 と、主膨張弁 5 と、蒸発器 7 とが順次接続された閉回路の冷媒主回路 8 を備えている。

[0022] 圧縮機 2 は、インバータモータ 6 により駆動される多段遠心圧縮機であり、吸入口 2 A および吐出口 2 B の他に、第 1 羽根車と第 2 羽根車との間に設けられる中間吸入口 2 C を備え、吸入口 2 A から吸い込んだ低圧ガス冷媒を第 1 羽根車および第 2 羽根車の回転により順次遠心圧縮し、圧縮した高圧ガス冷媒を吐出口 2 B から吐き出すように構成されている。

[0023] 圧縮機 2 の吐出口 2 B から吐き出された高圧ガス冷媒は、凝縮器 3 へと導かれる。凝縮器 3 は、例えば、プレート式熱交換器であり、圧縮機 2 から供給される高圧ガス冷媒と温水回路を循環する温水（熱媒）とを熱交換させることにより、温水を所定の温度まで昇温させる。凝縮器 3 において凝縮液化された冷媒は、エコノマイザ 4 に供給される。

[0024] エコノマイザ 4 は、冷媒主回路 8 中を流れる液冷媒と、冷媒主回路 8 から分流されて副膨張弁 9 により減圧された冷媒とを熱交換させ、減圧後の冷媒の蒸発潜熱により冷媒主回路 8 中を流れる液冷媒を過冷却するプレート式の冷媒／冷媒熱交換器である。エコノマイザ 4 は、液冷媒を過冷却することにより蒸発されたガス冷媒（中間圧冷媒）を圧縮機 2 の中間吸入口 2 C から中間圧の圧縮冷媒中に注入するためのガス回路 10 を備え、これによって、中間冷却器方式のエコノマイザサイクルを構成している。

[0025] エコノマイザ 4 を経て過冷却された冷媒は、主膨張弁 5 を通過することにより膨張して蒸発器 7 に供給される。蒸発器 7 は、熱交換器（例えば、プレート式熱交換器）であり、主膨張弁 5 から導かれた冷媒と熱源水回路 15 を循環する熱源水とを熱交換させることにより、冷媒を蒸発させ、その蒸発潜熱により熱源水を冷却するものである。

[0026] ターボ冷凍機 1 には、凝縮器 3 に流入する温水の温度である温水入口温度 $T_{hw i}$ を計測する温度センサ 12、凝縮器 3 から流出する温水の温度であ

る温水出口温度 T_{hwo} を計測する温度センサ 13、凝縮器 3 の冷媒出口側に設けられ、凝縮器出口温度 T_c を計測する温度センサ 14、冷媒主回路 8 においてエコマイザ 4 と主膨張弁 5 との間に設けられ、主膨張弁入口温度 $T_{eco h}$ を計測する温度センサ 19、ガス回路 10 を流れる中間圧冷媒の温度である中間圧冷媒温度 T_m を計測する温度センサ 16、蒸発器 7 に流入する熱源水の温度である熱源水入口温度 T_{swi} を計測する温度センサ 17、蒸発器 7 から流出する熱源水の温度である熱源水出口温度 T_{swo} を計測する温度センサ 18 が設けられている。ターボ冷凍機 1 は、凝縮圧力（圧縮機吐出圧力） P_d を計測する圧力センサ 20、ガス回路 10 を流れる中間圧冷媒の圧力である中間圧冷媒圧力 P_m を計測する圧力センサ 21、蒸発圧力（圧縮機吸込圧力） P_s を計測する圧力センサ 22 を備えている。

[0027] 上記各種センサの計測値は、制御装置 30 に送信され、圧縮機の回転数制御や主膨張弁 5 及び副膨張弁 9 の開度制御等に用いられる。

制御装置 30 は、例えば、コンピュータであり、CPU（中央演算処理装置）、RAM（Random Access Memory）等の主記憶装置、補助記憶装置、外部の機器と通信を行うことにより情報の授受を行う通信装置などを備えている。

補助記憶装置は、コンピュータ読取可能な記録媒体であり、例えば、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。この補助記憶装置には、各種プログラムが格納されており、CPU が補助記憶装置から主記憶装置にプログラムを読み出し、実行することにより種々の処理を実現させる。

[0028] 図 2 は、制御装置 30 の機能ブロック図である。図 2 に示すように、制御装置 30 は、温度補正部 31 及び膨張弁制御部 32 を備えている。

温度補正部 31 は、温水入口温度 T_{hwi} 及び温水出口温度 T_{hwo} を補正する。すなわち、上述したように、温度センサ 12、13 等には計測遅れが発生する。温度補正部 31 は、温度センサ 12、13 による計測遅れを補正するための構成である。

具体的には、温度制御部 31 は、凝縮温度取得部 41、温度差演算部 42、判定部 43、及び補正部 44 を備えている。

[0029] 凝縮温度取得部 41 は、圧力センサ 20 によって計測された凝縮圧力 P_d から凝縮温度 T_c を取得する。具体的には、凝縮温度取得部 41 は、凝縮圧力 P_d と凝縮温度 C_T とが一意的に対応付けられた対応情報（関数やテーブル）を有しており、この対応情報を用いて凝縮圧力 P_d から凝縮温度 C_T を得る。

温度差演算部 42 は、凝縮温度取得部 41 によって得られた現在の凝縮温度から一定期間前に得られた凝縮温度を減算することにより、温度差 ΔC_T を演算する。ここで、一定期間とは、例えば、冷媒が冷媒主回路 8 を一巡する期間に相当し、冷媒充填量 $[kg]$ を冷媒循環量 $[kg/min]$ で除算することによって得られる。この値に所定の余裕度（マージン）を考慮した期間を一定期間としてもよい。

[0030] 判定部 43 は、温度差 ΔC_T の絶対値 $|\Delta C_T|$ が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する。閾値は、例えば、主膨張弁 5 の仕様で決められている変化レートから導き出される値である。例えば、主膨張弁 5 の変化レートが最大 $10 [\%] / 60 [sec]$ 、温水入口温度 T_{hwi} が約 $70 [^{\circ}C]$ 、温水出口温度 T_{hwo} が $80 [^{\circ}C]$ 、上記一定期間が $30 [sec]$ と決められていた場合、閾値は以下の（1）式によって設定される。

[0031] 閾値 = $(10 [\%] \times 10 [^{\circ}C] \times 30 [sec] / 60 [sec]) + \alpha = 0.5 + \alpha [^{\circ}C]$ (1)

[0032] ここで、 α は、余裕度（マージン）であり、固定値であってもよいし、上記（1）式におけるカッコ内の値に応じて決定される値であってもよい。

[0033] 補正部 44 は、温度差の絶対値 $|\Delta C_T|$ が閾値以上である場合に、温水入口温度 T_{hwi} 及び温水出口温度 T_{hwo} に温度差 ΔC_T を加算することにより、温水入口温度 T_{hwi} と温水出口温度 T_{hwo} を補正する。

[0034] 膨張弁制御部 32 は、温度補正部 31 によって温度の補正が行われている期間においては補正後の温水入口温度 T_{hwi} 及び補正後の温水出口温度 T_{hwo}

h w oを用いて膨張弁開度の演算を行い、温度補正部 3 1 によって温度の補正が行われていない期間においては、温度センサ 1 2、1 3 によって計測された温水入口温度 T h w i 及び温水出口温度 T h w oを用いて膨張弁開度の演算を行う。以下、膨張弁制御部 3 2 について説明する。

[0035] 膨張弁制御部 3 2 は、例えば、現在流量演算部 5 1、設定流量演算部 5 2、主膨張弁開度演算部 5 3、及び副膨張弁開度演算部 5 4 を備えている。膨張弁制御については、以下に示す方法に限定されず、公知の様々な制御方法を採用することができる。そして、その場合において、温水入口温度 T h w i 及び温水出口温度 T h w oをパラメータとして用いる場合には、上記温度補正部 3 1 によって温度補正が行われていた場合には、補正後の温水入口温度 T h w i 及び温水出口温度 T h w oを用いるものとする。

[0036] 現在流量演算部 5 1 は、温水入口温度 T h w i 及び温水出口温度 T h w oをパラメータとして用いて流量演算を行う。図 3 に、現在流量演算部 5 1 によって実行される処理のフローチャートを示す。図 3 に示すように、現在流量演算部 5 1 は、温水入口温度 T h w i 及び温水出口 T h w oを用いて現在の加熱能力 Q c o n [k W] を演算する（ステップ S A 1）。続いて、以下の（2）式を用いて凝縮器流量 G c o n [k g / s] を演算する（ステップ S A 2）。

$$[0037] \quad G c o n = Q c o n / (H d - H c) \quad (2)$$

[0038] （2）式において、H d は吐出エンタルピ [k J / k g]、H c は凝縮器出口エンタルピ [k J / k g] である。

続いて、以下の（3）式を用いて主膨張弁 5 の現在流量 G e v a を算出する（ステップ S A 3）。

$$[0039] \quad G e v a = (G c o n - G m o - G o c) / (1 + x) \quad (3)$$

$$\text{ここで、} x = (H c - H e c o h) / (H e c o m - H c) \quad (4)$$

[0040] （3）式において、G c o n は凝縮器流量 [k g / s]、G m o はモータ冷却流量 [k g / s]、G o c は油冷却冷媒流量 [k g / s] である。（4）式において、H c は凝縮器出口エンタルピ [k J / k g]、H e c o h は

主膨張弁入口エンタルピ $[kJ/kg]$ 、 H_{ecom} は中間吸い込みガスエンタルピ $[kJ/kg]$ である。

[0041] 次に、現在流量演算部 51 は、凝縮器流量 G_{con} を用いて副膨張弁 9 の現在流量 G_{eco} を算出する（ステップ S A 4）。具体的には、以下の（5）式を用いて演算する。

$$[0042] \quad G_{eco} = x \times G_{eva} \quad (5)$$

[0043] （5）式において、 x は上記（4）式で述べたとおりである。 G_{eva} は、上記（3）式において算出された主膨張弁の現在流量 G_{eva} である。

このようにして算出された主膨張弁の現在流量 G_{eva} 及び副膨張弁の現在流量 G_{eco} は、主膨張弁開度演算部 53 及び副膨張弁開度演算部 54 に出力される。

[0044] 設定流量演算部 52 は、主膨張弁 5 の設定流量 G_{eva}^* 及び副膨張弁 9 の設定流量 G_{eco}^* を演算する。ここで、設定流量演算部 52 による演算は、上述した現在流量演算部 51 で用いた演算式において、温水出口温度 T_{hwo} の代わりに、予め設定されている温水出口設定温度 T_{hwo}^* を用いる点のみ異なり、他は同様である。したがって、詳細な説明は省略する。

主膨張弁 5 の設定流量 G_{eva}^* 及び副膨張弁 9 の設定流量 G_{eco}^* は、主膨張弁開度演算部 53 及び副膨張弁開度演算部 54 に出力される。

[0045] 主膨張弁開度演算部 53 は、現在流量演算部 51 によって算出された主膨張弁 5 の現在流量 G_{eva} 及び副膨張弁 9 の現在流量 G_{eco} 並びに設定流量演算部 52 によって設定された主膨張弁 5 の設定流量 G_{eva}^* 及び副膨張弁 9 の設定流量 G_{eco}^* を用いてフィードフォワード制御を行うことによりフィードフォワード開度指令を演算し、蒸発器終端温度を用いてフィードバック制御を行うことによりフィードバック開度指令を演算し、これらを足し合わせるにより、開度指令を生成する。

図 4 は、主膨張弁開度演算部 53 により実行される処理を示したフローチャートである。

まず、フィードフォワード制御では、主膨張弁の現在流量 G_{eva} 及び凝

縮圧力と蒸発圧力との差圧 ΔP_2 ($= P_d - P_s$) 等をパラメータとして用いて、主膨張弁5の現在開度 C_{veva} を演算する（ステップSB1）。次に、主膨張弁5の設定流量 G_{eva}^* 及び上記差圧 ΔP_2 等をパラメータとして用いて、主膨張弁の設定開度 C_{veva}^* を演算する（ステップSB2）。

そして、主膨張弁5の現在開度 C_{veva} と設定開度 C_{veva}^* とを按分することにより、フィードフォワード制御における開度指令 OP_{FF} を演算する（ステップSB3）。

[0046] フィードバック制御では、蒸発器7における熱源水出口温度 $T_{sw o}$ と蒸発圧力 P_s から換算される蒸発温度 $E T$ との温度差 $\Delta T_{sw o}$ が、目標値 $\Delta T_{sw o}^*$ に一致するような開度指令 OP_{FB} を演算する（ステップSB4）。例えば、温度差 $\Delta T_{sw o}$ と目標値 $\Delta T_{sw o}^*$ との差分に対してPID制御を行うことにより、フィードバック制御における開度指令 OP_{FB} を演算する。

[0047] このようにして、フィードフォワード制御による開度指令 OP_{FF} とフィードバック制御による開度指令 OP_{FB} を演算すると、これらを加算することにより最終的な開度指令 $OP = OP_{FF} + OP_{FB}$ を演算する（ステップSB5）。

そして、この開度指令 OP に基づいて、主膨張弁5の開度が制御される。

[0048] 副膨張弁開度演算部54は、現在流量演算部51によって算出された主膨張弁5の現在流量 G_{eva} 及び副膨張弁9の現在流量 G_{eco} 並びに設定流量演算部52によって設定された主膨張弁5の設定流量 G_{eva}^* 及び副膨張弁9の設定流量 G_{eco}^* を用いてフィードフォワード制御を行うことによりフィードフォワード開度指令を演算し、主膨張弁入口温度 $T_{eco h}$ を用いてフィードバック制御を行うことによりフィードバック開度指令を演算し、これらを足し合わせることで、副膨張弁の開度指令 OP_{eco} を生成する。

図5は、副膨張弁開度演算部54により実行される処理を示したフローチャートである。

まず、フィードフォワード制御では、副膨張弁 9 の現在流量 G_{eco} 及び凝縮圧力 P_d と中間圧力 P_m との差圧 ΔP_1 ($= P_d - P_m$) 等をパラメータとして用いて、副膨張弁 9 の現在開度 C_{veco} を演算する (ステップ SC1)。次に、副膨張弁 9 の設定流量 G_{eco}^* 及び上記差圧 ΔP_1 等をパラメータとして用いて、副膨張弁 9 の設定開度 C_{veco}^* を演算する (ステップ SC2)。

そして、副膨張弁 9 の現在開度 C_{veco} と設定開度 C_{veco}^* とを按分することにより、フィードフォワード制御における指令値 OP_{eco_FF} を演算する (ステップ SC3)。

[0049] フィードバック制御では、副膨張弁入口温度 MT に予め設定されているエコマイザ出口温度差 ΔT_2 を加算することで、主膨張弁入口温度目標値 $T_{eco h set}$ ($= \Delta T_2 + MT$) を設定する (ステップ SC4)。次に、現在の主膨張弁入口温度 $T_{eco h}$ を主膨張弁入口温度目標値 $T_{eco h}^*$ に一致させるような開度指令 OP_{eco_FB} を演算する (ステップ SC5)。例えば、現在の主膨張弁入口温度 $T_{eco h}$ と主膨張弁入口温度目標値 $T_{eco h}^*$ の差分に対して PID 制御を行うことにより、フィードバック制御における開度指令 OP_{eco_FB} を演算する。

[0050] このようにして、フィードフォワード制御による指令値 OP_{eco_FF} とフィードバック制御による指令値 OP_{eco_FB} を演算すると、これらを加算することにより最終的な開度指令 $OP_{eco} = OP_{eco_FF} + OP_{eco_FB}$ を演算する (ステップ SC6)。そして、この開度指令 OP_{eco} に基づいて副膨張弁 9 の弁開度が制御される。

[0051] 次に、上記制御装置 30 の動作について図 6 を参照して説明する。

図 6 は、本実施形態に係る制御装置 30 の制御について説明するための図である。

図 6 において、時刻 t_1 で温水入口温度 $Thwi$ に変動が生ずる前においては、温水入口温度 $Thwi$ は安定した数値を示しているため、温度補正部 31 の温度差演算部 42 によって演算される温度差 $|\Delta CT|$ はゼロに近い

値となる。このため、判定部43においては、温度差 $|\Delta CT|$ が閾値未満であると判定され、補正部44による温度補正は行われない。

[0052] これに対し、時刻 t_1 において温水入口温度 $T_{hw i}$ が急激に低下すると、凝縮圧力 P_d がこれに伴い速やかに低下し、凝縮温度取得部41によって取得される凝縮温度は低下する。この結果、温度差演算部42において演算される温度差の絶対値 $|\Delta CT|$ は比較的大きな値となる。この結果、判定部43において温度差 $|\Delta CT|$ が閾値以上であると判断され、補正部44による温度補正が行われる。これにより、温度センサ12によって計測された温水入口温度 $T_{hw i}$ 及び温度センサ13によって計測された温水出口温度 $T_{hw o}$ にそれぞれ ΔCT （負の値）が加算されることとなり、下降修正された温水入口温度 $T_{hw i}$ 及び温水出口温度 $T_{hw o}$ を用いた流量演算や開度演算が膨張弁制御部32において行われる。これにより、例えば、副膨張弁9については、弁開度が小さくなる方向に制御される（図6の時刻 $t_1 \sim t_2$ の期間）。従来の副膨張弁の開度制御では、温度センサ12、13によって計測された温度、すなわち、計測遅れのある温度を用いて弁開度を演算していたため、実際は温水入口温度 $T_{hw i}$ が下がっているにも関わらず、副膨張弁9を開く方向に制御しており、これが圧縮機2の液吸い込みの原因となっていた。

[0053] 以上説明したように、本実施形態に係るターボ冷凍機及びその制御装置並びに制御方法によれば、凝縮圧力に基づいて凝縮温度を取得し、現在の凝縮温度と一定時間前の凝縮温度との温度差の絶対値 $|\Delta CT|$ が所定の閾値以上である場合には、温度センサ12、13によって計測された温水入口温度 $T_{hw i}$ 及び温水出口温度 $T_{hw o}$ にそれぞれ温度差 ΔCT を加算して温度を補正するので、温度センサ12、13による計測遅れに起因する膨張弁の制御遅れを緩和することができる。これにより、圧縮機2の液冷媒吸込みを回避することが可能となる。

[0054] 本実施形態では、温水入口温度 $T_{hw i}$ 及び温水出口温度 $T_{hw o}$ を補正することにより、膨張弁が開きすぎることを抑制していたが、例えば、副膨

張弁 9 の開度の変化レートを仕様で決められている定格以下に抑えるという手法を採用することにより、圧縮機の液冷媒の吸い込みを回避することも可能である。

[0055] 〔第 2 実施形態〕

以下に、本発明の第 2 実施形態に係るターボ冷凍機及びその制御装置並びに制御方法について、図面を参照して説明する。

上述した第 1 実施形態においては、温水入口温度 $T_{hw i}$ 及び温水出口温度 $T_{hw o}$ を補正したが、本実施形態においては、これに加えて、あるいは、これに代えて、蒸発器 7 における蒸発温度 $E T$ 、換言すると、蒸発圧力 $P s$ を補正する。これにより、膨張弁制御の更なる精度向上を図ることとしている。

[0056] 第 1 実施形態では、温水入口温度 $T_{hw i}$ が変化すると、その影響が凝縮圧力 $P d$ に比較的早期に現れるため、凝縮圧力 $P d$ から換算した凝縮温度 $C T$ を用いて温度補正を行っていた。しかしながら、蒸発器 7 に関しては、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ が低下した場合、その影響が蒸発圧力 $P s$ に早期に現れないことが実験によって明らかとなった。図 7 に、温度センサ 17 によって計測された熱源水入口温度 $T_{sw i}$ 、温度センサ 18 によって計測された熱源水出口温度 $T_{sw o}$ 、蒸発圧力 $P s$ から換算した蒸発温度 $E T$ 、及び圧縮機吐出温度の時間的推移の一例を示す。

[0057] 図 7 に示すように、蒸発圧力 $P s$ から換算した蒸発温度 $E T$ の変化は、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ や熱源水出口温度 $T_{sw o}$ の変化よりも遅いことがわかる。このため、蒸発器 7 においては、蒸発圧力 $P s$ を用いて熱源水入口温度 $T_{s i}$ 及び熱源水出口温度 $T_{sw o}$ を補正するといった上記蒸発器 3 と同様の手法を採用することができない。

ここで、図 7 を分析してみると安定時においては、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ と蒸発温度 $E T$ （蒸発圧力 $P s$ の換算値）との差 ΔT_e と、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ と熱源水出口温度 $T_{sw o}$ との差 ΔT_s との比率 K が等しいことがわかった。すなわち、以下の式が成立することがわかった。

[0058] $K = \Delta T_e / \Delta T_s = (T_{swi} - E T) / (T_{swi} - T_{sw o}) =$
定 (6)

[0059] そこで、本実施形態においては、安定時における比率 K の値を目標比率 K^* として設定しておき、常に、比率 K が目標比率 K^* となるように蒸発温度 $E T$ を補正することにより、速やかに熱源水入口温度 $T_{sw i}$ の変化を膨張弁制御に反映させることとした。

[0060] 図8は、本実施形態に係る制御装置35の機能ブロック図である。図8に示すように、制御装置35は、図2に示した制御装置30の構成に加えて、蒸発温度補正部33を更に備えている。

蒸発温度補正部33は、安定時における比率 K の値を目標比率 K^* として保有しており、比率 K が目標比率 K^* となるように、蒸発温度を補正する。つまり、上記(6)式から導出した以下の(7)式に熱源水入口温度 $T_{sw i}$ 、熱源水出口温度 $T_{sw o}$ 、及び予め保有している目標比率 K^* を代入することで、蒸発温度 $E T$ を演算する。

[0061] $E T = T_{sw i} - (T_{sw i} - T_{sw o}) K^*$ (7)

[0062] そして、蒸発温度 $E T$ を蒸発圧力 P_s に換算し、この蒸発圧力 P_s を膨張弁制御に用いる。すなわち、主膨張弁開度演算部53及び副膨張弁開度演算部54は、蒸発温度補正部33によって算出された蒸発温度 $E T$ に基づく蒸発圧力 P_s を用いて、主膨張弁開度指令 OP 及び副膨張弁開度指令 OP_{eco} を演算する。

ここで、例えば、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ が低下することにより、蒸発温度 $E T$ が低下した場合、蒸発圧力 P_s も小さくなる。主膨張弁5の開度指令のフィードフォワード制御(図4のステップSB1～SB3)において、蒸発圧力 P_s が小さくなると、主膨張弁前後差圧 $\Delta P_2 = P_d - P_s$ は大きな値となる。この結果、主膨張弁の現在流量 C_{veva} 及び設定流量 C_{eva}^* は小さくなり、主膨張弁のフィードフォワード制御の開度指令 OP_{FF} は小さくなる。

フィードバック制御(図4のステップSB4)では、蒸発器7における熱

源水出口温度 $T_{sw o}$ と蒸発温度 $E T$ との温度差 $\Delta T_{sw o}$ を目標値 $\Delta T_{sw o}^*$ に一致させるような開度指令 OP_FB が演算される。ここで、温度差 $\Delta T_{sw o}$ については、熱源水入口温度 $T_{sw i}$ が変動しても略一定といえるので（図 7 参照）、主膨張弁 5 が開く方向には作用しない。以上から、蒸発温度補正部 33 による蒸発温度 $E T$ を主膨張弁 5 の弁開度制御に反映させることで、主膨張弁 5 が開きすぎることを回避することができ、圧縮機 2 の液冷媒の吸い込みを回避させることが可能となる。

[0063] 上述した実施形態においては、図 1 に示した構成を備えるターボ冷凍機 1 に適用される制御装置 30、35 について説明したが、本発明の制御装置が適用されるターボ冷凍機 1 は図 1 に示した構成のものに限られない。例えば、エコノマイザ 4 に関連する構成を備えていないターボ冷凍機、具体的には、図 1 において、エコノマイザ 4、副膨張弁 9、ガス回路 10、温度センサ 16、及び圧力センサ 21 を省略した構成のターボ冷凍機にも適応可能である。この場合、主膨張弁 5 の開度制御においては、副膨張弁 9 に流れる流量をゼロとして上記演算を行えばよい。

本発明は、上述の実施形態のみに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々変形実施が可能である。

符号の説明

- [0064] 1 ターボ冷凍機
2 圧縮機
3 凝縮器
5 主膨張弁
7 蒸発器
8 冷媒主回路
9 副膨張弁
12～14、16～18 温度センサ
20～22 圧力センサ
30 制御装置

- 3 1 温度補正部
- 3 2 膨張弁制御部
- 3 3 蒸発温度補正部
- 4 1 凝縮温度取得部
- 4 2 温度差演算部
- 4 3 判定部
- 4 4 補正部
- 5 1 現在流量演算部
- 5 2 設定流量演算部
- 5 3 主膨張弁開度演算部
- 5 4 副膨張弁開度演算部

請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記凝縮器に流入する熱媒の入口温度を計測する第1温度計測手段と、前記凝縮器から流出する熱媒の出口温度を計測する第2温度計測手段と、凝縮圧力を計測する圧力計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御装置であって、
- 前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を補正する温度補正手段と、
- 前記温度補正手段によって補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御手段とを備え、
- 前記温度補正手段は、
- 前記圧力計測手段によって取得された凝縮圧力から凝縮温度を取得する凝縮温度取得手段と、
- 現在の前記凝縮温度から一定期間前の凝縮温度を減算して温度差を演算する温度差演算手段と、
- 前記温度差の絶対値が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する判定手段と、
- 前記温度差の絶対値が前記閾値以上である場合に、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測されたそれぞれの温度に前記温度差を加算する補正手段とを具備するターボ冷凍機の制御装置。
- [請求項2] 前記一定期間は、冷媒が前記主回路を一巡する期間に設定されている請求項1に記載のターボ冷凍機の制御装置。
- [請求項3] 前記ターボ冷凍機は、
- 前記凝縮器と前記膨張弁との間に設けられ、前記主回路を流れる液冷媒と前記主回路から分流されて副膨張弁により減圧された冷媒とを熱交換させ、前記主回路を流れる液冷媒を過冷却する熱交換器と、

前記熱交換器において前記主回路を流れる液冷媒と熱交換を終えた冷媒を前記圧縮機に戻すガス回路とを備え、

前記膨張弁制御手段は、前記温度補正手段によって補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて前記副膨張弁の開度制御を行う請求項 1 または請求項 2 に記載のターボ冷凍機の制御装置。

[請求項4] 圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記蒸発器に流入する熱源水の入口温度を計測する熱源水入口温度計測手段と、前記蒸発器から流出する熱源水の出口温度を計測する熱源水出口温度計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御装置であって、

熱源水出口温度から熱源水入口温度を引いた値に対する、前記熱源水入口温度から蒸発温度を引いた値の比率が、安定時における目標比率に一致するような前記蒸発温度を算出する蒸発温度補正手段と、

前記蒸発温度補正手段によって補正された蒸発温度から得られた蒸発圧力を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御手段とを備えるターボ冷凍機の制御装置。

[請求項5] 請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の制御装置を備えたターボ冷凍機。

[請求項6] 圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記凝縮器に流入する熱媒の入口温度を計測する第 1 温度計測手段と、前記凝縮器から流出する熱媒の出口温度を計測する第 2 温度計測手段と、凝縮圧力を計測する圧力計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御方法であって、

前記第 1 温度計測手段及び前記第 2 温度計測手段によって計測された温度を補正する温度補正工程と、

前記温度補正工程において補正された熱媒入口温度及び熱媒出口温度を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御工程と

を含み、

前記温度補正工程は、

前記圧力計測手段によって取得された凝縮圧力から凝縮温度を取得する凝縮温度取得工程と、

現在の前記凝縮温度から一定期間前の凝縮温度を減算して温度差を演算する温度差演算工程と、

前記温度差の絶対値が予め設定されている閾値以上であるか否かを判定する判定工程と、

前記温度差の絶対値が前記閾値以上である場合に、前記第1温度計測手段及び前記第2温度計測手段によって計測されたそれぞれの温度に前記温度差を加算する温度補正工程と

を含むターボ冷凍機の制御方法。

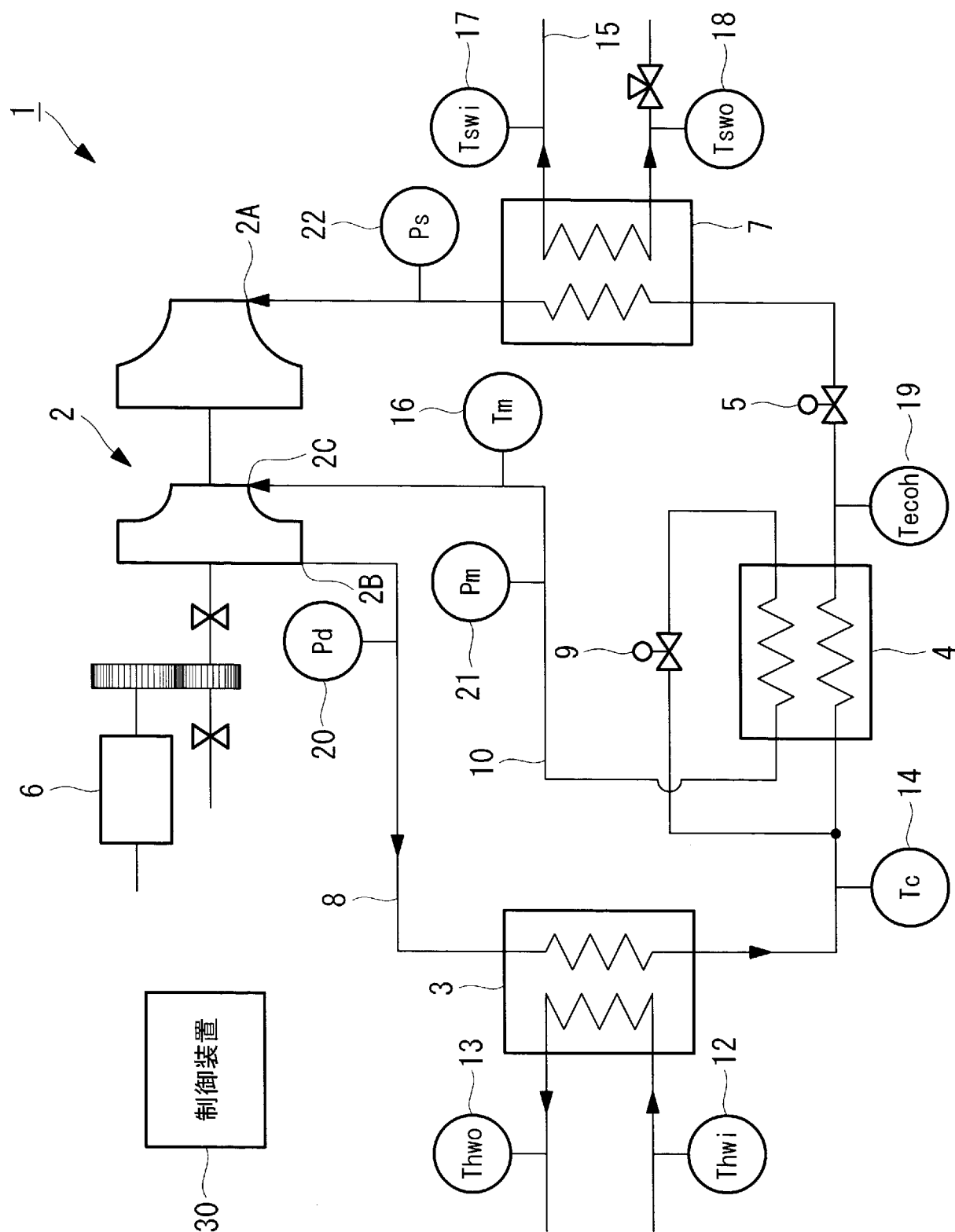
[請求項7]

圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とが順次接続され、冷媒が循環する冷凍サイクルの主回路と、前記蒸発器に流入する熱源水の入口温度を計測する熱源水入口温度計測手段と、前記蒸発器から流出する熱源水の出口温度を計測する熱源水出口温度計測手段とを具備するターボ冷凍機に適用される制御方法であって、

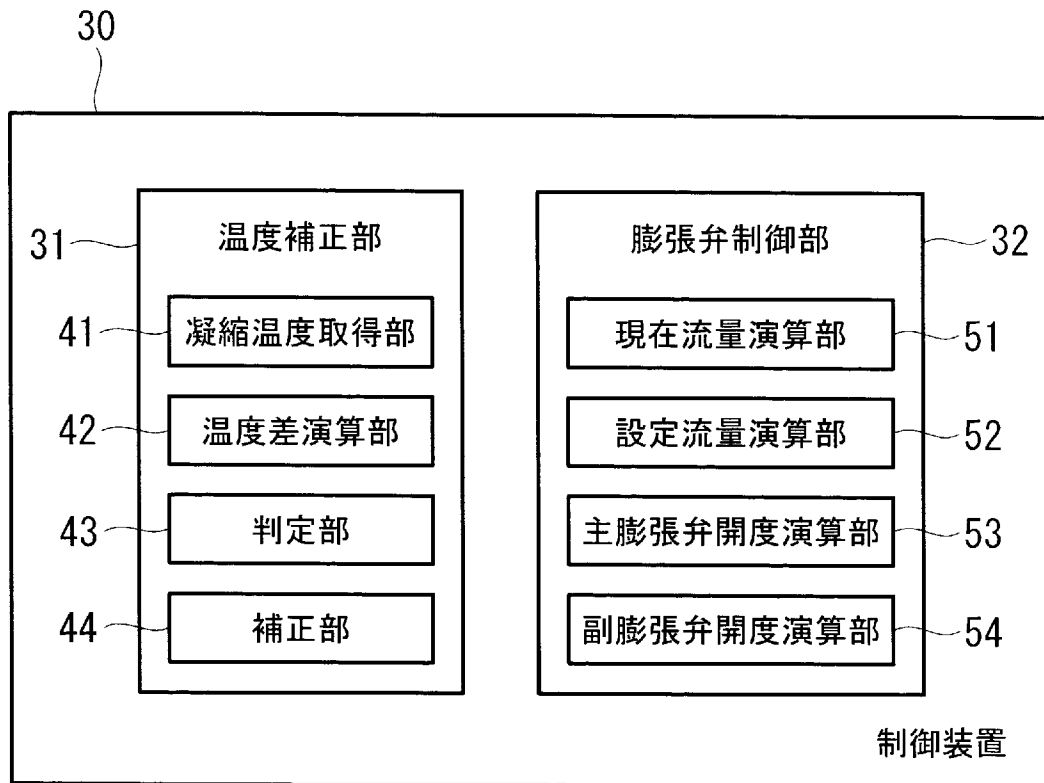
熱源水出口温度から熱源水入口温度を引いた値に対する、前記熱源水入口温度から蒸発温度を引いた値の比率が、安定時における目標比率に一致するような前記蒸発温度を算出する蒸発温度補正工程と、

前記蒸発温度補正工程において補正された蒸発温度から得られた蒸発圧力を用いて、前記膨張弁の開度制御を行う膨張弁制御工程とを備えるターボ冷凍機の制御方法。

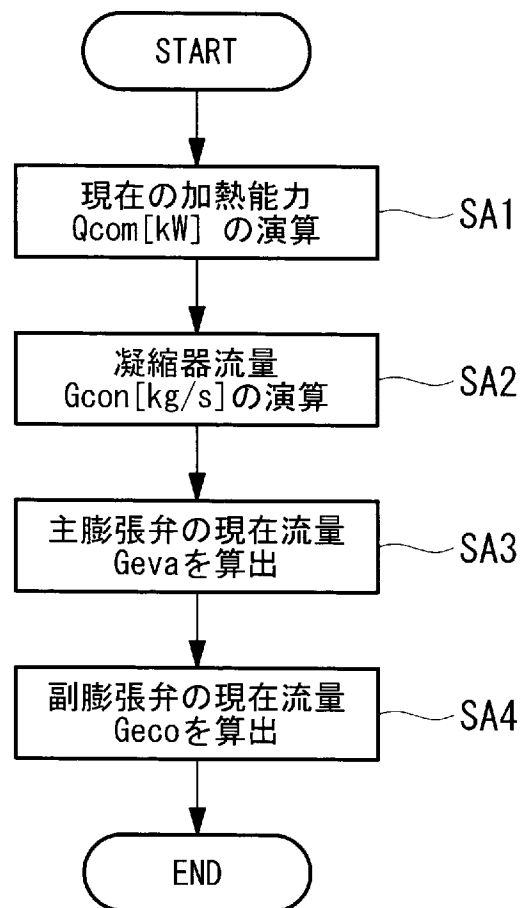
[図1]



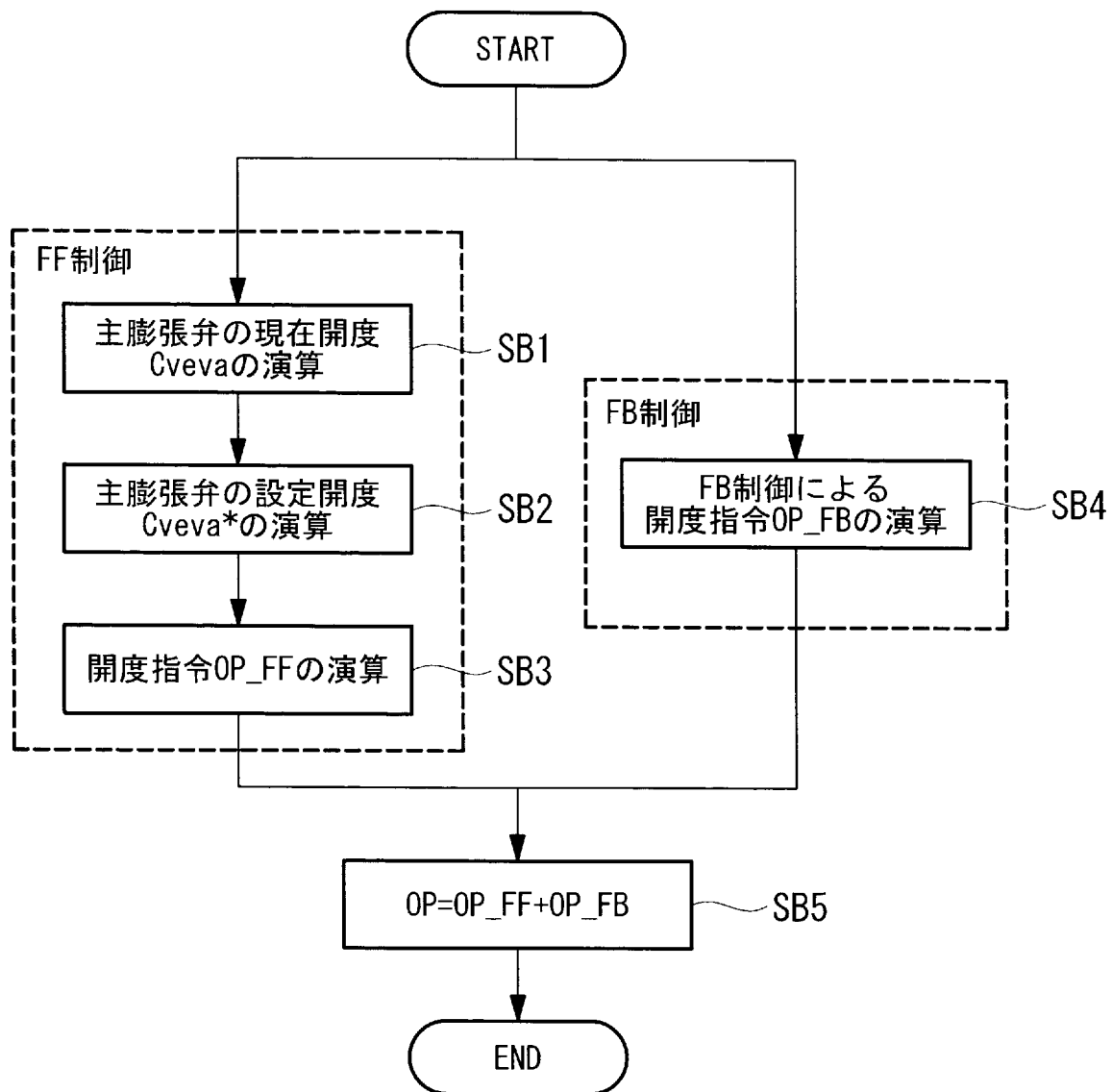
[図2]



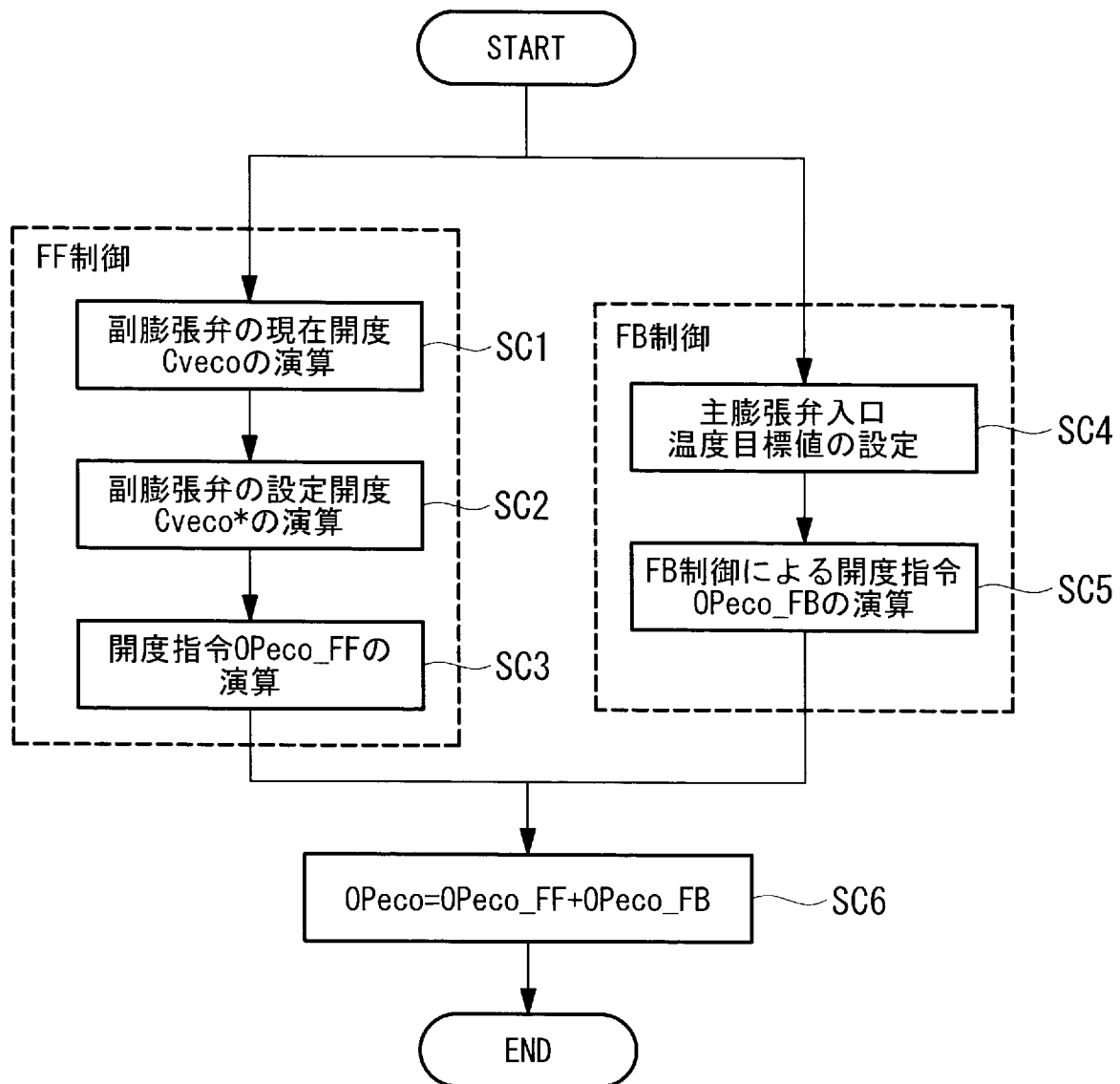
[図3]



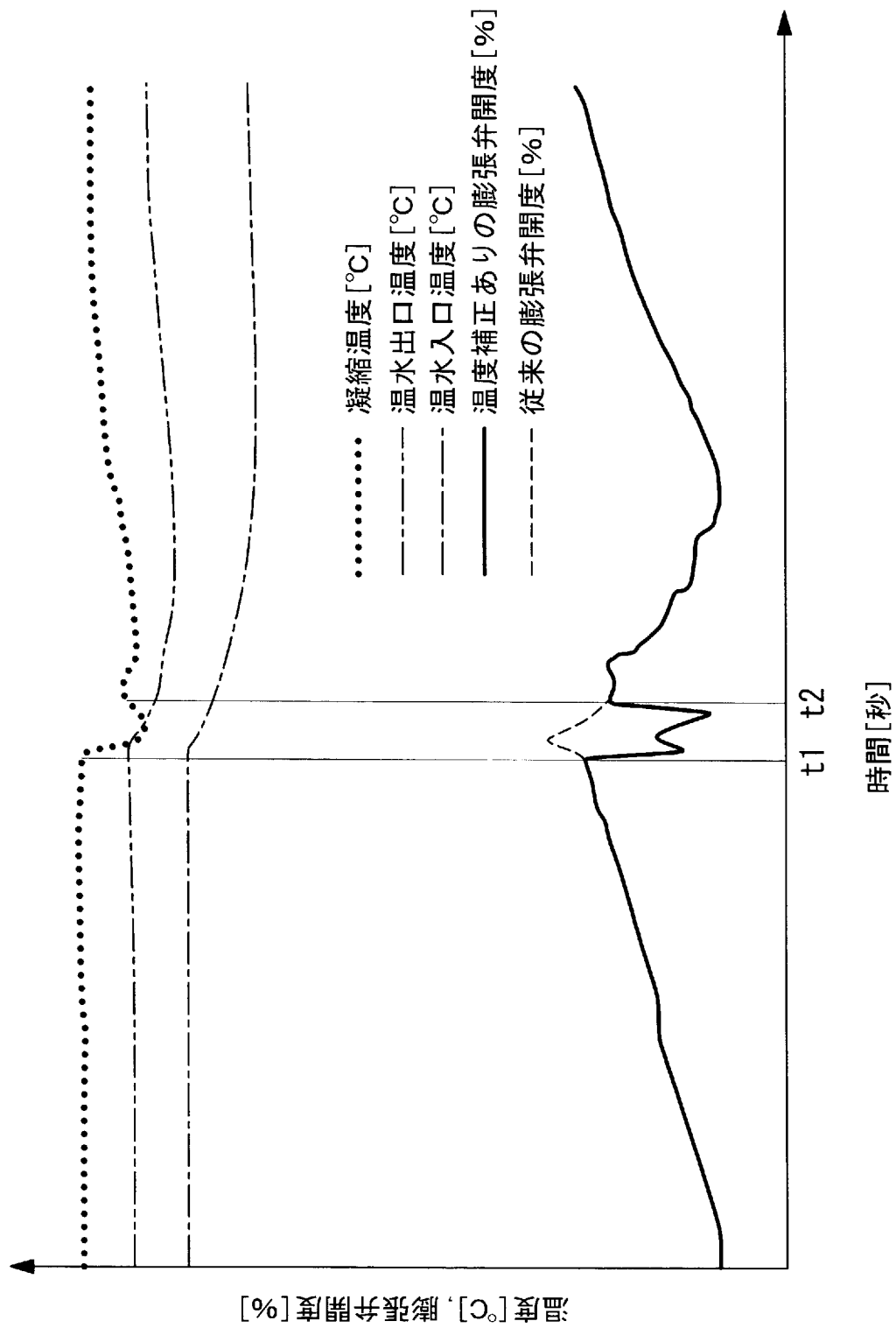
[図4]



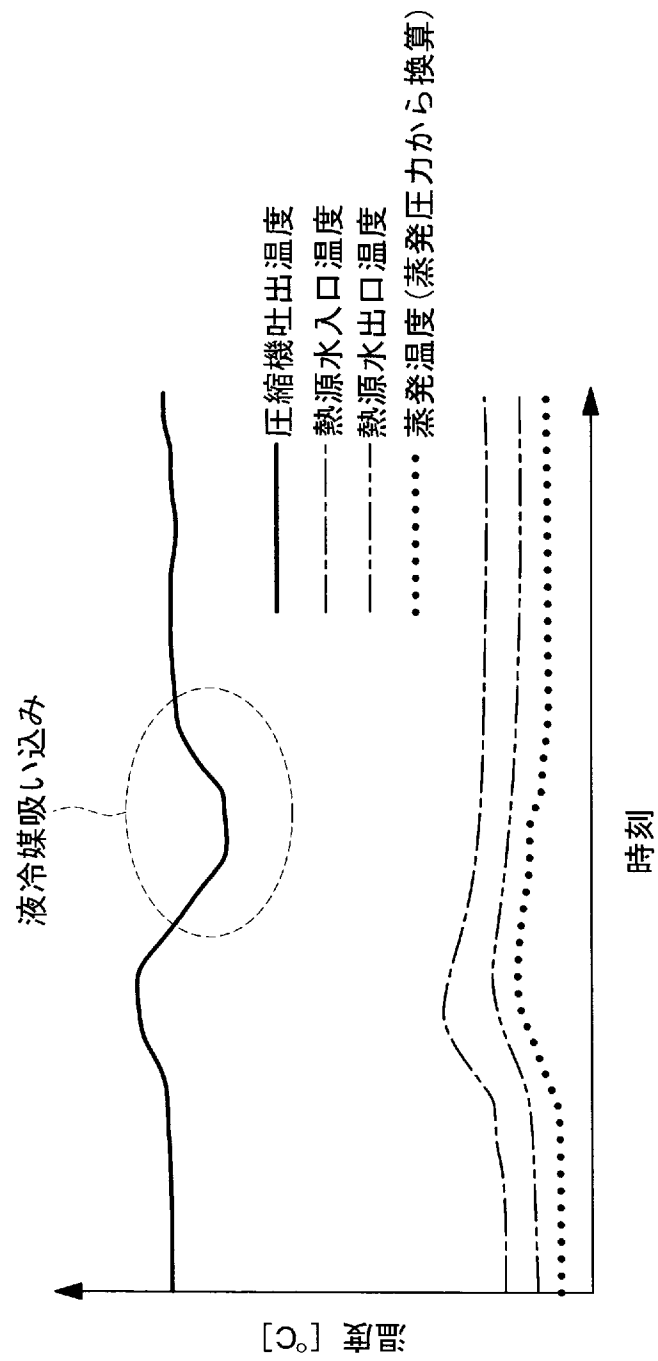
[図5]



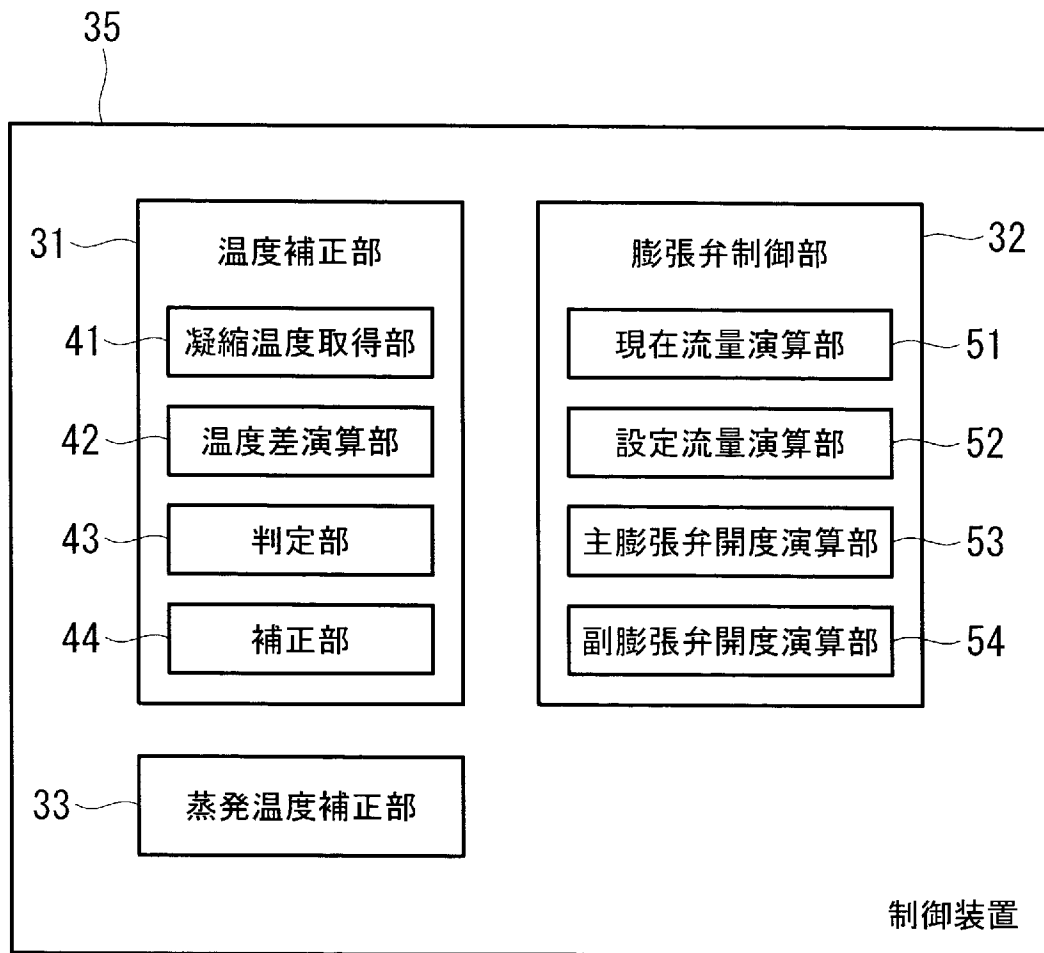
[図6]



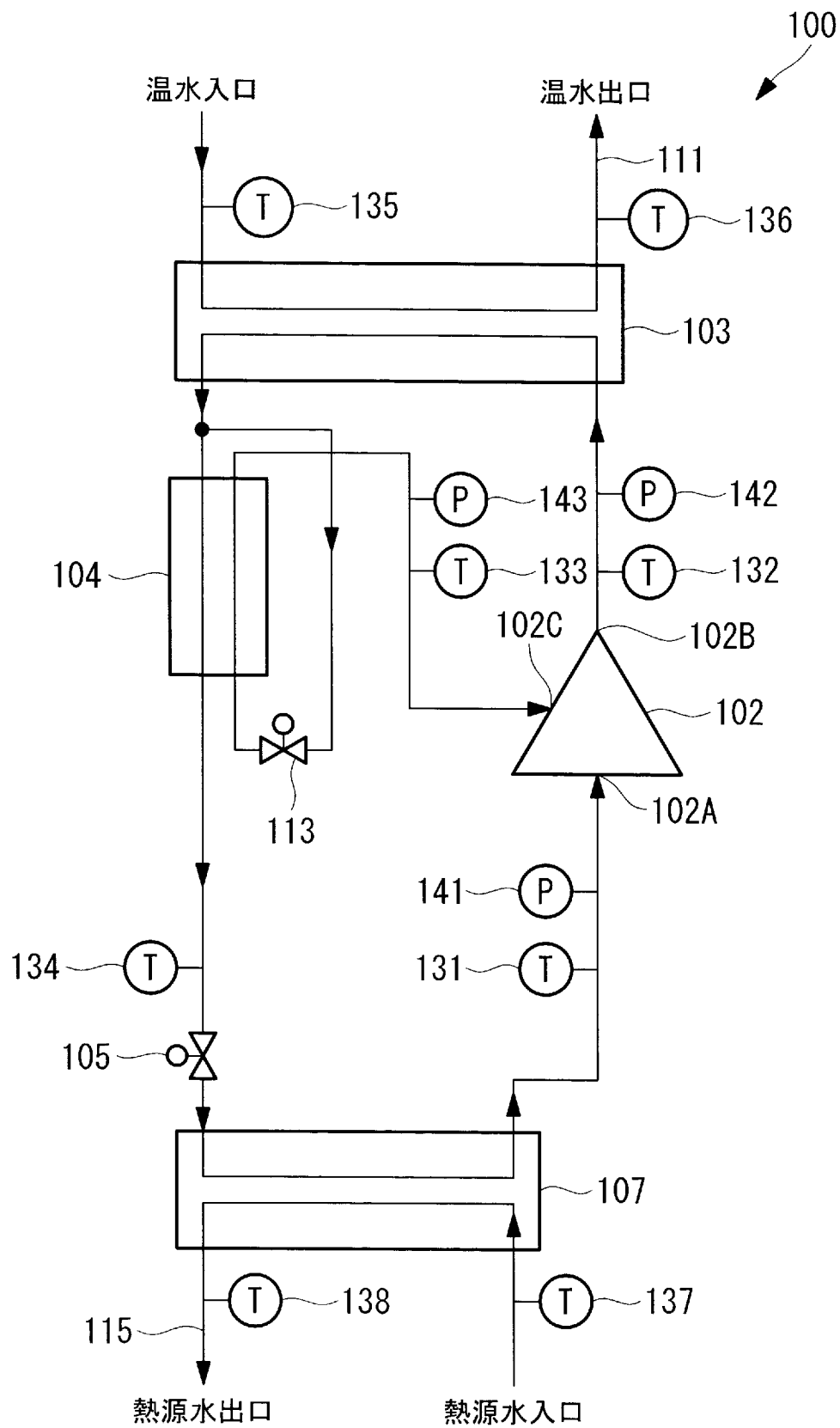
[図7]



[図8]

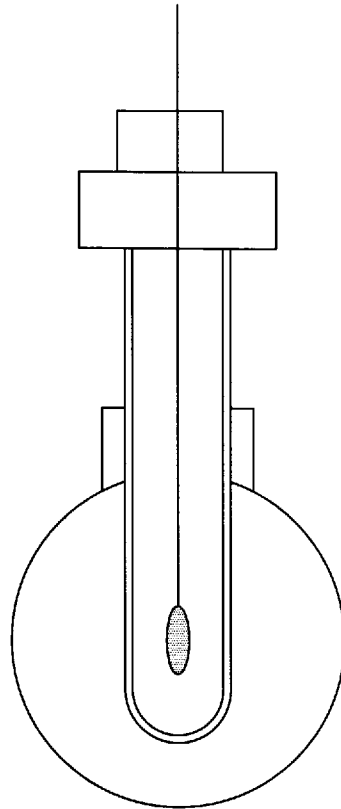


[図9]

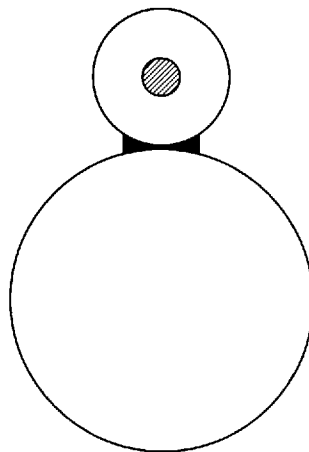


[図10]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B1/00(2006.01)i, F25B1/053(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F25B1/00, F25B1/053

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-32055 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 16 February 2012 (16.02.2012), paragraphs [0020] to [0062]; fig. 2 & US 2012/0029889 A1 paragraphs [0029] to [0089]	1-7
A	JP 2010-54094 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0038] to [0122]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 October 2015 (14.10.15)

Date of mailing of the international search report
27 October 2015 (27.10.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071559

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-77971 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 19 April 2012 (19.04.2012), paragraphs [0030] to [0098]; fig. 1 & US 2013/0025306 A1 paragraphs [0047] to [0092]	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B1/00(2006.01)i, F25B1/053(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F25B1/00, F25B1/053

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-32055 A（三菱重工業株式会社）2012.02.16, 段落 0020-0062, 第 2 図 & US 2012/0029889 A1, 段落 0029-0089	1-7
A	JP 2010-54094 A（三菱重工業株式会社）2010.03.11, 段落 0038-0122, 第 1-8 図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2012-77971 A（三菱重工業株式会社）2012.04.19, 段落 0030-0098, 第 1 図 & US 2013/0025306 A1, 段落 0047-0092	1-7

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 4 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

関口 勇

3 M

9 2 3 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 7