

(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9月9日(09.09.2016)



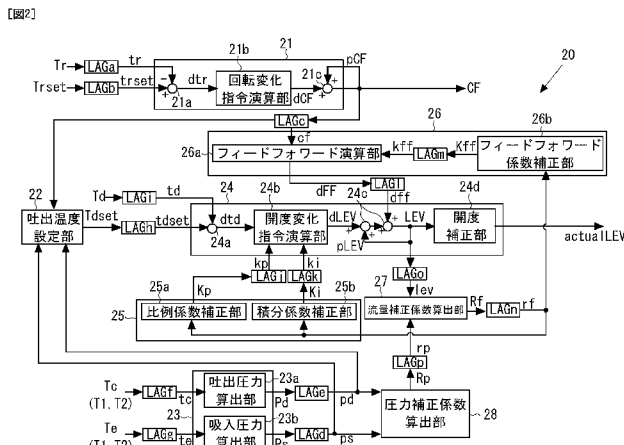
(10) 国際公開番号
WO 2016/139736 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/056122
- (22) 国際出願日: 2015年3月2日(02.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 藤塚 正史(FUJITSUKA, Masashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 木村 将哉(KIMURA, Masaya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 土野 和典(TSUCHINO, Kazunori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人きさ特許商標事務所(KISA PATENT & TRADEMARK FIRM); 〒1050001 東京都港区虎ノ門二丁目10番1号 虎ノ門ツインビルディング東棟8階 Tokyo (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, JP, 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,

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE AND METHOD FOR REFRIGERATION CYCLE DEVICE

(54) 発明の名称: 冷凍サイクル装置の制御装置及び方法



- 21b... ROTATION-CHANGE INSTRUCTION COMPUTATION UNIT
- 22... EJECTION TEMPERATURE SETTING UNIT
- 23a... EJECTION PRESSURE CALCULATION UNIT
- 23b... INTAKE PRESSURE CALCULATION UNIT
- 24... DEGREE OF OPENING CHANGE INSTRUCTION COMPUTATION UNIT
- 24b... DEGREE OF OPENING CORRECTION UNIT
- 24d... DEGREE OF OPENING CORRECTION UNIT
- 25a... PROPORTIONAL COEFFICIENT CORRECTION UNIT
- 25b... INTEGRAL COEFFICIENT CORRECTION UNIT
- 26a... FEED FORWARD COMPUTATION UNIT
- 26b... FEED FORWARD COEFFICIENT CORRECTION UNIT
- 27... FLOW RATE CORRECTION COEFFICIENT CALCULATION UNIT
- 28... PRESSURE CORRECTION COEFFICIENT CALCULATION UNIT

(57) Abstract: In the present invention, a control device for a refrigeration cycle device comprises: an expansion valve control unit that outputs an opening degree instruction for an expansion valve on the basis of the ejection temperature deviation between the ejection temperature and the set ejection temperature of a refrigerant ejected from a compressor, and at least two kinds of control parameter of a proportionality coefficient and an integral coefficient; a flow-rate correction coefficient calculation unit that calculates a flow-rate correction coefficient from the flow rate of a refrigerant that circulates in a refrigerant circuit and a flow rate reference value which was set beforehand; and a coefficient correction unit that calculates the proportionality coefficient from a proportionality coefficient reference value which was set beforehand, by correcting the same using the flow-rate correction coefficient, and that calculates the integral coefficient from an integral coefficient reference value which was set beforehand, by correcting the same using the flow-rate correction coefficient. The coefficient correction unit calculates the proportionality coefficient and the integral coefficient so that, within the range of change of the refrigerant flow rate, the range of change of the integral coefficient becomes larger than the range of change of the proportionality coefficient.

(57) 要約:

[続葉有]



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

冷凍サイクル装置の制御装置は、圧縮機から吐出される冷媒の吐出温度と設定吐出温度との吐出温度偏差と、比例係数及び積分係数の少なくとも2種類の制御パラメータとに基づいて、膨張弁の開度指令を出力する膨張弁制御部と、冷媒回路を循環する冷媒流量と予め設定された流量基準値とから流量補正係数を算出する流量補正係数算出部と、予め設定された比例係数基準値から流量補正係数によって補正して比例係数を算出し、予め設定された積分係数基準値から流量補正係数によって補正して積分係数を算出する係数補正部とを備える。係数補正部は、冷媒流量の変化範囲において、積分係数の変化範囲が比例係数の変化範囲よりも大きくなるように、比例係数及び積分係数を算出する。

明 細 書

発明の名称： 冷凍サイクル装置の制御装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、膨張弁の開度を制御する冷凍サイクル装置の制御装置及び方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、冷凍サイクル装置における膨張弁の開度を制御する種々の方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1には、吐出温度と設定吐出温度との偏差及び冷媒温度と目標冷媒温度との偏差に、圧縮機の運転周波数（負荷の大きさ）の現在値に応じた補正係数を乗じて補正後の偏差を導出し、導出した補正後の偏差に基づいて圧縮機の容量及び電動膨張弁の開度を導出することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-218349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のような吐出温度に基づいて膨張弁の開度が導出される制御において、膨張弁の開度等の制御対象の偏差とこの偏差を算出する所定の制御周期間隔の比例動作と積分動作とに分離して考えると、比例動作と積分動作とは同じ比率の補正がなされている。しかしながら、吐出温度と膨張弁の開度との関係において、最小負荷から最大負荷の全ての負荷範囲における比例動作が変化する変化範囲と積分動作が変化する変化範囲とは必ずしも一致していない。特許文献1のように比例動作と積分動作とが同じ比率で補正されている場合、例えば基準になる定常状態からの補正量が大きくなると、膨張弁の開度に対する圧縮機の吐出温度の応答性が悪化する場合がある。そのため、圧縮機の運転周波数と膨張弁の開度とが整合せず、適切な吐出温度を得

られない時間が長くなり、特に過渡状態において応答性等が悪化する。その結果、熱搬送するために必要なエネルギーが無駄になり、省エネ性が悪化することになる。

[0005] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、広い負荷範囲にわたって圧縮機の吐出温度の応答性を向上させ、省エネ性の悪化を抑制することができる冷凍サイクル装置の制御装置及び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

[0006] 本発明の冷凍サイクル装置の制御装置は、圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とを冷媒配管で接続した冷媒回路を備える冷凍サイクル装置の制御装置であって、圧縮機から吐出される冷媒の吐出温度と設定吐出温度との吐出温度偏差と、比例係数及び積分係数の少なくとも2種類の制御パラメータに基づいて、膨張弁の開度指令を出力する膨張弁制御部と、冷媒回路を循環する冷媒流量と予め設定された流量基準値とから流量補正係数を算出する流量補正係数算出部と、予め設定された比例係数基準値から流量補正係数によって補正して比例係数を算出し、予め設定された積分係数基準値から流量補正係数によって補正して積分係数を算出する係数補正部とを備え、係数補正部は、冷媒流量の変化範囲において、積分係数の変化範囲が比例係数の変化範囲よりも大きくなるように、比例係数及び積分係数を算出するものである。

発明の効果

[0007] 本発明の冷凍サイクル装置の制御装置及び方法によれば、冷媒流量の変化範囲において、積分係数の変化範囲の最大値と最小値との比が比例係数の変化範囲の最大値と最小値との比よりも大きくなるように、比例係数及び積分係数が算出されることにより、冷媒流量によって異なる膨張弁の開度に対する吐出温度の変化応答を広い負荷範囲にわたって向上させることができる。また、膨張吐出温度の変化応答が遅いことに起因して、圧縮機の回転数と膨張弁の開度との間の不整合が生じることにより、省エネ性が悪化することを

抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の冷凍サイクル装置の制御装置の実施形態を示す冷媒回路図である。

[図2]図1の冷凍サイクル装置の制御装置の一例を示す機能ブロック図である。

[図3]図2の制御装置における制限制御器の一例を示すブロック図である。

[図4]冷媒流量に比例する開度指令と補正後の開度指令との関係の一例を示すグラフである。

[図5]定常状態における膨張弁制御部の開度指令LEVと吐出温度の変化量との関係を示すグラフである。

[図6]図2の冷凍サイクル装置の制御装置における制限制御器の別の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照しながら本発明の冷凍サイクル装置の制御装置の好ましい実施形態について説明する。図1は本発明の冷凍サイクル装置の制御装置の実施形態を示す冷媒回路図である。図1の冷凍サイクル装置の制御装置20は、冷凍サイクル装置1の動作を制御するものであり、冷凍サイクル装置1は、室外機1Aと室内機1Bとが冷媒配管2を介して接続された冷媒回路1xを構成している。なお、この冷媒回路1xを流れる冷媒として、例えばフロン系、炭化水素系、二酸化炭素など使用温度圧力範囲内において気液2相化可能な冷媒が用いられる。さらに、冷媒として例えばR410A、R407C、R404AなどのHFC冷媒、R22、R134aなどのHCFCL冷媒、ヘリウムのような自然冷媒を用いてもよい。

[0010] 室外機1Aは、圧縮機11と、圧縮機11の吐出側に接続された流路切替器12と、流路切替器12に接続された室外側熱交換器13と、室外側熱交換器13に接続された膨張弁14とを有し、室内機1Bは、流路切替器12及び膨張弁14に接続された室内側熱交換器15を有している。圧縮機11

は、冷媒を圧縮気相の状態で圧送して高温高圧化するものであり、例えば回転数又は運転周波数による容量制御可能なインバータ圧縮機からなっている。この圧縮機 11 の動作は制御装置 20 により制御されている。なお圧縮機 11 と流路切替器 12 とは、室外機 1A 側ではなく、室内機 1B 側に設置されていても良い。また膨張弁 14 は、室外機 1A 側ではなく、室内機 1B 側に設置されていても良い。またさらには、室外機 1A と室内機 1B とは、分離されておらず、一体で形成された構成であっても良い。

[0011] 流路切替器 12 は、例えば四方弁からなり、運転モードに応じて冷媒流路を切り替えるものである。流路切替器 12 は、暖房運転時には、圧縮機 11 の吐出側と室内機 1B とを接続するとともに、室外側熱交換器 13 と圧縮機 11 の吸入側とを接続する。一方、流路切替器 12 は、冷房運転時には、圧縮機 11 の吐出側と室外側熱交換器 13 とを接続するとともに、室内機 1B と圧縮機 11 の吸入側とを接続する。

[0012] 室外側熱交換器 13 は、たとえば冷媒配管を流れる冷媒とフィン間を通過する室外空気 OA との間で熱交換を行うフィンアンドチューブ型熱交換器からなっている。室外側熱交換器 13 は、一方は流路切替器 12 に接続されており、他方は膨張弁 14 に接続されている。室外側熱交換器 13 は、暖房運転時には吸熱器（蒸発器）として機能し、冷房運転時には放熱器（凝縮器）として機能する。室外側熱交換器 13 には、室外ファン 13a から供給される室外空気 OA が送風されるようになっている。

[0013] 膨張弁 14 は、例えば開度が可変の電子膨張弁からなっており、高圧の液相の冷媒を気液混合相へ膨張させて低温低圧化するものである。膨張弁 14 の開度は、制御装置 20 により制御されている。

[0014] 室内側熱交換器 15 は、たとえば冷媒配管を流れる冷媒とフィン間を通過する室内空気 IA との間で熱交換を行うフィンアンドチューブ型熱交換器からなっている。室内側熱交換器 15 は、暖房運転時には放熱器（凝縮器）として機能し、冷房運転時には吸熱器（蒸発器）として機能する。室内側熱交換器 15 には、室内ファン 15a から供給される室内空気 IA が送風される

ようになっている。

[0015] 次に、図1を参照して冷凍サイクル装置1の動作例について暖房運転時と冷房運転時とに分けて説明する。まず、冷房運転時において、圧縮機11から吐出された高温高圧の冷媒は、凝縮器として機能する室外側熱交換器13に流入して室外空気OAと熱交換されて放熱して凝縮し、高圧液冷媒になる。その後、高圧液冷媒になった冷媒は、膨張弁14において減圧され気液2相化された低温低圧の冷媒になり、蒸発器として機能する室内側熱交換器15へ流入する。室内側熱交換器15に流入した冷媒は、室内空気IAと熱交換されて吸熱して蒸発し、室内空気IAの冷却が行われる。その後、室内側熱交換器15から流出した冷媒は流路切替器12を通り圧縮機11の吸入側に流入する。

[0016] 次に、暖房運転時において、圧縮機11から吐出された高温高圧の冷媒は、凝縮器として機能する室内側熱交換器15に流入して室内空気IAと熱交換されて放熱して凝縮し、高圧液冷媒になる。この際、冷媒からの放熱により、室内空気IAの加熱が行われる。その後、液冷媒は、膨張弁14を通り減圧され、気液2相化された低温低圧の冷媒になり、凝縮器として機能する室外側熱交換器13へ流入する。そして、室外側熱交換器13に流入した冷媒は、室外空気OAと熱交換されて吸熱して蒸発し、低温低圧のガス冷媒になり、室内側熱交換器15から流出した冷媒は流路切替器12を通り圧縮機11の吸入側に流入する。

[0017] このように、冷凍サイクル装置1は、冷媒回路1x内の冷媒の凝縮と蒸発とを利用し、室外空気OA及び室内空気IAのうち一方から吸熱した熱を他方へ放熱して冷房もしくは暖房を行う。この際、圧縮機11の圧縮に要する動力に比べて効率良く室外空気OAと室内空気IAとの間で冷媒を介して熱を移動させることができる。

[0018] 冷凍サイクル装置1の動作は、制御装置20により制御されている。制御装置20は、室外機1A側に設けてもよいし、室内機1B側に設けてもよいし、室外機1A及び室内機1Bとは別体として設けられていてもよいし、さ

らには室外機 1 A と室内機 1 B とに適宜機能が分離されて設けられていても良い。冷凍サイクル装置 1 には各種センサが設置されており、制御装置 20 は、各種センサにおいて検知された情報に基づいて冷凍サイクル装置 1 の動作を制御する。

[0019] 具体的には、冷凍サイクル装置 1 には、圧縮機 11 の吐出側に設けられ、圧縮機 11 から吐出される冷媒の吐出温度 T_d を検知する吐出センサ 16 と、室外側熱交換器 13 と膨張弁 14 との間を流れる冷媒の温度 T_1 を検知する第 1 冷媒温度センサ 17 と、室内側熱交換器 15 内の気液 2 相状態または液相になっている位置の冷媒の温度 T_2 を検知する第 2 冷媒温度センサ 18 と、室内空気の室温 T_r を検知する空気温度センサ 19 とを有している。

[0020] なお、第 1 冷媒温度センサ 17 において検知される冷媒の温度 T_1 は、室外側熱交換器 13 が凝縮器として機能する際には凝縮温度 T_c にほぼ相似し、室外側熱交換器 13 が蒸発器として機能する際には蒸発温度 T_e にほぼ相似する。また、第 2 冷媒温度センサ 18 において検知される冷媒の温度 T_2 は、室内側熱交換器 15 が凝縮器として機能する際には凝縮温度 T_c にほぼ相似し、室内側熱交換器 15 が蒸発器として機能する際には蒸発温度 T_e にほぼ相似する。

[0021] 制御装置 20 は、図示しないリモコン等から入力され指令される設定室温 T_{rset} 、室温 T_r 、吐出温度 T_d 及び温度 T_1 、 T_2 に基づいて、圧縮機 11 への回転数指令 CF と、膨張弁 14 への開度指令 $actualLEV$ とを算出して出力する。また、制御装置 20 は、冷凍サイクル装置 1 の運転状況に合わせて、室外ファン 13a の回転数、室内ファン 15a の回転数あるいは冷媒の循環方向を変更するため流路切替器 12 を制御する機能を有している。

[0022] 図 2 は図 1 の冷凍サイクル装置の制御装置の一例を示す機能ブロック図であり、図 2 を参照して制御装置 20 について説明する。なお、図 2 に示す制御装置 20 の構成は、マイコン等のハードウェア上でプログラムを実行させることにより構築されたものである。

[0023] また、図2に示す複数の変化率制限器LAGa～LAGpは、それぞれ制御ハンチングを抑制するために設けられたものであって、例えば一次遅れ演算器からなっている。図3は図2の制御装置における制限制御器の一例を示すブロック図である。図3の各変化率制限器LAGa～LAGpは、入力をXとしたとき、下記式(1)及び式(2)に基づいて出力xを演算する。

[0024] [数1]

$$dx = \frac{X - px}{T} dt \quad \dots (1)$$

[0025] [数2]

$$\begin{aligned} x &= px + |dx| \quad \text{at} \quad X - px \geq |dx| \\ X &\quad \text{at} \quad |X - px| < |dx| \quad \dots (2) \\ px - |dx| &\quad \text{at} \quad X - px \leq -|dx| \end{aligned}$$

[0026] 式(1)のdtは制御周期、Tは遅れ時定数、式(1)及び(2)のdxは制御周期dt間の出力変化、pxは直前の制御周期(「直前の制御周期」は、現時刻に対して「一制御周期前の時刻」の意味で使用、以下同様な表現も同じ)における出力、図3のSはラプラス演算子(=d/dt、d:微分)を示す。また、式(2)は、変化率制限器LAGa～LAGpの一次遅れ演算器としての差分展開式の一例である。なお、各変化率制限器LAGa～LAGpにおける遅れ時定数Tはそれぞれ異なってもよい。

[0027] 図2の制御装置20は、圧縮機制御部21、吐出温度設定部22、温度圧力変換部23、膨張弁制御部24、係数補正部25、フィードフォワード部26、流量補正係数算出部27等を備えている。圧縮機制御部21は、圧縮機11の回転数を制御する回転数指令CFを出力するものである。具体的には、圧縮機制御部21は、設定室温trsetと室温trとの差分を算出する差分算出部21aと、差分算出部21aにおいて算出された差分に基づいて回転数変化指令dCFを演算する回転変化指令演算部21bと、回転変化指令演算部21bにおいて演算された回転数変化指令dCFから回転数指令CFを算出する回転数指令算出部21cとを有している。なお、圧縮機制御

部 2 1 は制御周期 $d t$ 毎に以下の各種演算を行うようになっている。

[0028] 差分算出部 2 1 a には、設定室温 $T r s e t$ が変化率制限器 $L A G a$ を経由した後の設定室温 $t r s e t$ と、室温 $T r$ が変化率制限器 $L A G b$ を経由した後の室温 $t r$ とが入力される。なお、設定室温 $T r s e t$ は、例えばリモコン等から制御装置 2 0 へ入力される。差分算出部 2 1 a は、下記式 (3) により設定室温 $t r s e t$ と室温 $t r$ とに基づいて室温偏差 $d t r$ を算出する。

[0029] [数3]

$$dtr = trset - tr \quad \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

[0030] 回転変化指令演算部 2 1 b は、差分算出部 2 1 a において算出された室温偏差 $d t r$ を用いて圧縮機 1 1 の回転数の変化量を示す回転数変化指令 $d C F$ を演算するものであって、例えば圧縮機制御部 2 1 は、2 種類の制御パラメータである比例係数 $K p c f$ と圧縮機制御部 2 1 の積分係数 $K i c f$ とを有する $P I$ 制御器 (P : 比例、 I : 積分) から構成されている。回転変化指令演算部 2 1 b は、下記式 (4) に基づき回転数変化指令 $d C F$ を演算する。

[0031] [数4]

$$dCF = Kpcf(dtr - pdtr) + Kicf \cdot dtr \cdot dt \quad \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

[0032] 式 (4) は、速度型 $P I$ 制御器としての展開式であり、 $p d t r$ は直前の制御周期において算出された室温偏差であり、式 (4) の右辺第 1 項が比例動作であり、右辺第 2 項が積分動作である。つまり、回転変化指令演算部 2 1 b は、比例動作では室温偏差 $d t r$ に加えて直前の制御周期において算出された室温偏差 $p d t r$ を用い、また積分動作では室温偏差 $d t r$ を用いて、制御周期 $d t$ 毎に回転数変化指令 $d C F$ を演算する。

[0033] 回転数指令算出部 2 1 c は、回転変化指令演算部 2 1 b において算出された現在の制御周期 (「現在の制御周期」は「現時刻」の意味で使用、以下同様な表現も同じ) の回転数変化指令 $d C F$ に、直前の制御周期における圧縮

機 1 1 への回転数指令 pCF を加算し、現在の制御周期における圧縮機 1 1 への回転数指令 CF を算出する。すなわち、回転数指令算出部 2 1 c は、下記式 (5) に示すように、回転数指令 CF を算出して出力する。

[0034] [数5]

$$CF = pCF + dCF \quad \dots (5)$$

[0035] 吐出温度設定部 2 2 は、圧縮機制御部 2 1 において算出された回転数指令 cf と、圧縮機 1 1 の吐出圧力 Pd 及び吸入圧力 Ps とを用いて、圧縮機 1 1 から吐出される冷媒の設定吐出温度 $tdset$ を演算し、その演算結果を膨張弁制御部 2 4 の設定値として設定するものである。吐出温度設定部 2 2 は、下記式 (6) を用いて設定吐出温度 $Tdset$ を演算する。なお、吐出温度設定部 2 2 において、回転数指令 CF 、吐出圧力 Pd 及び吸入圧力 Ps がそれぞれ変化率制限器 $LAgc$ 、 $LAgd$ 、 $LAge$ を経由した後の回転数指令 cf 、吐出圧力 pd 、吸入圧力 ps が入力される。

[0036] [数6]

$$Tdset = \{te + f2(cf)\} \left\{ a \left(\frac{pd}{ps} \right)^3 + b \left(\frac{pd}{ps} \right)^2 + c \frac{pd}{ps} + d \right\} + e \quad \dots (6)$$

[0037] 式 (6) は膨張比 (pd / ps) の 3 次式である場合について例示しているが、より高次あるいはより低次の式、あるいは膨張比などを用いた別の関数であってもよい。また、式 (6) の関数 $f2$ は、冷媒回路 1 x の構成の影響を組み込んだ、回転数指令 cf と過熱温度 (スーパーヒート温度) との関係を示す関数であり、例えば $f2(cf) = a2 \cdot cf + b2$ のように表すことができる。なお、関数 $f2$ は $a2$ 、 $b2$ を係数とした回転数指令 cf の 1 次式である場合について例示しているが、より高次あるいはより低次の式、あるいは回転数指令 cf などを用いた別の関数であってもよい。

[0038] ここで、吐出圧力 Pd 及び吸入圧力 Ps は、圧力センサを用いて直接検知するようにしてもよいが、制御装置 2 0 は、凝縮温度 Tc 及び蒸発温度 Te から圧縮機 1 1 における冷媒の吐出圧力 Pd 及び吸入圧力 Ps を算出する温

度圧力変換部 23 を有している。温度圧力変換部 23 は、凝縮温度 t_c から吐出圧力 P_d を算出する吐出圧力算出部 23 a 及び凝縮温度 t_c から吐出圧力 P_d を算出する吸入圧力算出部 23 b を備えている。

[0039] 吐出圧力算出部 23 a は、下記式 (7) に基づいて、凝縮温度 T_c が変化率制限器 LAG f を経由した後の凝縮温度 t_c から圧縮機 11 の吐出圧力 P_d を算出する。

[0040] [数7]

$$Pd = f1(tc) = a1 \cdot tc^3 + b1 \cdot tc^2 + c1 \cdot tc + d1 \quad \cdot \cdot \cdot (7)$$

[0041] 吸入圧力算出部 23 b は、下記式 (8) に基づいて、蒸発温度 T_e が変化率制限器 LAG g を経由した後の蒸発温度 t_e から圧縮機 11 の吸入圧力 P_s を算出する。

[0042] [数8]

$$Ps = f1(te) = a1 \cdot te^3 + b1 \cdot te^2 + c1 \cdot te + d1 \quad \cdot \cdot \cdot (8)$$

[0043] 式 (7)、(8) において、 f_1 は冷媒の温度圧力特性関数であって、冷媒の温度での飽和圧力を計算する関数である。また、 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 は温度圧力特性関数 f_1 の係数を示している。なお、式 (7)、(8) において、温度圧力特性関数 f_1 は 3 次式である場合について例示しているが、凝縮温度 t_c 及び蒸発温度 t_e から吐出圧力 P_d 及び吸入圧力 P_s を算出できるものであればよく、より高次あるいはより低次の式、あるいは別の関数等の公知の手法を適用することができる。

[0044] 上述した凝縮温度 T_c と蒸発温度 T_e とは、冷房運転時と暖房運転時とにおいて計測位置が異なる。そこで、温度圧力変換部 23 は、第 1 冷媒温度センサ 17 及び第 2 冷媒温度センサ 18 により検知された冷媒の温度 T_1 、 T_2 から、たとえば下記式 (9) を用いて導出される。

[0045]

[数9]

$$T_c = \begin{cases} T_1 & \text{暖房時} \\ T_2 + f_3(cf) & \text{冷房時} \end{cases}$$

$$\text{但し } f_3(cf) = a_3 \cdot cf + b_3 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

$$T_e = \begin{cases} T_2 & \text{暖房時} \\ T_1 & \text{冷房時} \end{cases}$$

[0046] なお、式（9）以外の別の式によって、凝縮温度 T_c と蒸発温度 T_e を導出しても良い。また式（9）の関数 f_3 は、冷媒回路 1x の構成の影響を組み込み、回転数指令 cf と過冷却温度（サブクール温度）との関係を示す関数であり、ここでは係数 a_3 、 b_3 とした回転数指令 cf の 1 次式としているが、より高次あるいはより低次の式あるいは別の関数であってもよい。

[0047] 膨張弁制御部 24 は、吐出偏差算出部 24 a、開度変化指令演算部 24 b、開度指令演算部 24 c を備えている。吐出偏差算出部 24 a は、下記式（10）のように、設定吐出温度 T_{dset} が変化率制限器 LAG_h を経由した後の設定吐出温度 t_{dset} と、吐出センサ 16 において検知された吐出温度 T_d が変化率制限器 LAG_i を経由した後の吐出温度 t_d との吐出温度偏差 dtd を算出するものである。なお、変化率制限器 LAG_h の遅れ時定数 T は、分単位（2 分程度）とし、他の一次遅れの遅れ時定数（10 秒程度）よりも大きいことが望ましい場合が多い。

[0048] [数10]

$$dtd = tdset - td \quad \cdot \cdot \cdot \quad (10)$$

[0049] 開度変化指令演算部 24 b は、吐出偏差算出部 24 a において算出された吐出温度偏差 dtd を用いて開度変化指令 $dLEV$ を演算するものであって、例えば 2 種類の制御パラメータである比例係数 k_p と積分係数 k_i とを有する PI 制御器からなっている。開度変化指令演算部 24 b は、下記式（11）を用いて開度変化指令 $dLEV$ を演算する。

[0050] [数11]

$$dLEV = kp(dtd - pdtd) + ki \cdot dtd \cdot dt \quad \cdot \cdot \cdot \quad (11)$$

[0051] 式(11)は、速度型PI制御器としての展開式であり、右辺第1項が比例動作、右辺第2項が積分動作であり、比例動作では、吐出温度偏差dtdに加えて直前の制御周期の吐出温度偏差pdtdが用いられ、積分動作では、吐出温度偏差dtdが用いられ、開度変化指令dLEVが演算される。式(11)における比例係数kp及び積分係数kiは、係数補正部25において算出されたものである。係数補正部25は、後述する流量補正係数算出部27において算出された流量補正係数rfに基づいて、比例係数Kp及び積分係数Kiを比例係数基準値Kpbase及び積分係数基準値Kibaseから補正して算出するものであり、比例係数補正部25aと積分係数補正部25bとを有する。比例係数補正部25aは、下記式(12)のように、後述する流量補正係数Rfが変化率制限器LAGNを経由後の流量補正係数rfと比例補正乗数NKpとから比例補正係数RKp(=rf^{NKp})を算出し、比例補正係数RKpと予め設定された比例係数基準値Kpbaseとから比例係数Kpを算出する。

[0052] [数12]

$$Kp = RKp \cdot Kpbase = rf^{NKp} \cdot Kpbase \quad \cdot \cdot \cdot \quad (12)$$

[0053] 式(12)において、比例補正係数RKpは、流量補正係数rfの比例補正乗数NKp乗という1項だけからなる関数として例示しているが、たとえば下記の式(12a)に示すように、係数a4、b4、c4を用いた多項式や別の関数あるいは比例補正乗数nkpではない固定の乗数値を用いた関数であってもよい。

[0054] [数12a]

$$RKp = a4 \cdot rf^{NKp} + b4 \cdot rf^{(NKp-1)} + c4 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (12a)$$

[0055] 積分係数補正部25bは、下記式(13)のように、流量補正係数rfと積分補正乗数NKiとから積分補正係数RKi(=rf^{NKi})を算出し、積分

補正係数 RK_i と予め設定された積分係数基準値 $K_{i\ base}$ とから積分係数 K_i を算出する。

[0056] [数13]

$$K_i = RK_i \cdot K_{i\ base} = rf^{NK_i} \cdot K_{i\ base} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (13)$$

[0057] 式 (13) において、積分補正係数 RK_i は、流量補正係数 rf の NK_i 乗という 1 項だけからなる関数として例示しているが、たとえば下記の式 (13a) に示すように、係数 a_5 、 b_5 、 c_5 、 d_5 を用いた多項式や別の関数あるいは積分補正乗数 Nk_i ではない固定の乗数値を用いた関数であってもよい。

[0058] [数13a]

$$RK_i = a_5 \cdot rf^{NK_i} + b_5 \cdot rf^{(NK_i-1)} + c_5 \cdot rf^{(NK_i-2)} + d_5 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (13a)$$

[0059] さらに、流量補正係数 rf の変化範囲に対して、比例補正係数 RK_p の変化範囲よりも積分補正係数 RK_i の変化範囲が広くなるのであれば、比例補正係数 RK_p や積分補正係数 RK_i は、上記式 (12)、(12a)、(13)、(13a) で例示された以外の他の関数であっても良い。

[0060] そして、比例係数補正部 25a において算出された比例係数 K_p は、変化率制限器 LAG_j を経由した後に比例係数 k_p になり開度変化指令演算部 24b に入力される。同様に、積分係数補正部 25b において算出された積分係数 K_i は、変化率制限器 LAG_k を経由した後に積分係数 k_i になり開度変化指令演算部 24b に入力される。

[0061] 特に、係数補正部 25 は、冷媒流量の変化範囲において、積分係数 K_i の変化範囲 (例えば最大値と最小値との比) が比例係数 K_p の変化範囲 (例えば最大値と最小値との比) よりも大きくなるように、比例係数 K_p 及び積分係数 K_i を算出するものであり、例えば積分補正乗数 $NK_i = 3$ 、比例補正乗数 $NK_p = 2$ に設定されている。

[0062] 開度指令演算部 24c は、開度変化指令演算部 24b において演算された現在の制御周期における開度変化指令 d_{LEV} と、直前の制御周期の膨張弁

14への開度指令 $pLEV$ とに基づいて開度指令 LEV を算出する。さらに、開度指令演算部 24c は、下記式 (14) に示すように、フィードフォワード部 26 において算出されるフィードフォワード量 dff を加算して、現在の制御周期における膨張弁 14 への開度指令 LEV を算出する。なお、開度指令演算部 24c には、フィードフォワード量 dFF が変化率制限器 $LAGI$ を経由した後のフィードフォワード量 dff が入力される。

[0063] [数14]

$$LEV = pLEV + dLEV + dff \quad \cdot \cdot \cdot \quad (14)$$

[0064] フィードフォワード部 26 は、例えばハイパスフィルターからなっており、フィードフォワード演算部 26a 及びフィードフォワード係数補正部 26b を備えている。フィードフォワード演算部 26a には、遅れ時定数 Tff が予め設定されているとともに、回転数指令 CF が変化率制限器 $LAGc$ を経由した後の回転数指令 cf が入力される。そして、フィードフォワード演算部 26a は、入力された回転数指令 cf を用いて、下記式 (15) に基づいて膨張弁 14 への開度指令 LEV に加算するフィードフォワード量 dFF を出力する。

[0065] [数15]

$$dFF = kff(cf - pcf) - \frac{pFF}{Tff} dt \quad \cdot \cdot \cdot \quad (15)$$

[0066] 式 (15) は、ハイパスフィルターの最も簡易な差分展開式であり、 kff はフィードフォワード比例係数、 pFF は直前の制御周期におけるフィードフォワード積分量である。現在の制御周期におけるフィードフォワード積分量 FF は下記式 (16) のように表すことができる。

[0067] [数16]

$$FF = pFF + dFF \quad \cdot \cdot \cdot \quad (16)$$

[0068] また、フィードフォワード比例係数 kff は、フィードフォワード係数補正部 26b において算出されたフィードフォワード比例係数 Kff が変化率

制限器LAGmを経由した後の値である。フィードフォワード係数補正部26bは、下記式(17)に基づいて、流量補正係数rfとフィードフォワード比例補正乗数NKffとを用いてフィードフォワード比例補正係数RKff($= rf^{NKff}$)を算出し、フィードフォワード比例補正係数RKffとフィードフォワード比例基準値Kffbaseとを用いて、フィードフォワード比例係数Kffを算出する。

[0069] [数17]

$$Kff = RKff \cdot Kffbase = rf^{NKff} Kffbase \quad \dots (17)$$

[0070] 式(17)において、フィードフォワード比例補正係数RKffは流量補正係数rfのNKff乗として求める場合について例示しているが、式(12a)や(13a)に例示したような他の数式や流量補正係数rfを用いた他の関数であってもよい。また、制御装置20がフィードフォワード部26を有する場合について例示しているが、上記式(14)においてフィードフォワード量dffを加算せずに開度指令LEVを算出してもよい。このようにすると、フィードフォワード部26を有する場合と比べて、吐出温度Tdの設定吐出温度Tdssetへの追従性が悪化したり、負荷変動が生じた際に一時的に吐出温度偏差dtdが大きくなったりするが、吐出温度Tdを設定吐出温度Tdssetへ制御すること自体は可能である。

[0071] さらに、膨張弁制御部24は、開度指令演算部24cにおいて算出された開度指令LEVを実際の膨張弁14の特性に合わせて補正する開度補正部24dを備えている。具体的には、開度補正部24dは、開度指令演算部24cにおいて算出された開度指令LEVと、膨張弁14を通過する冷媒流量flowとの関係が非線形の場合に、線形の場合になるように補正する。開度補正部24dは、下記式(18)、式(19)に基づいて開度指令LEVを補正後の開度actualLEVに補正する。

[0072] [数18]

$$flow \propto LEV = f0(actualLEV) \quad \dots (18)$$

[0073] [数19]

$$actualLEV = f0^{-1}(LEV) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (19)$$

[0074] 式(19)において、関数 $f0$ は、実際の膨張弁14の開度 $actualLEV$ と開度指令 LEV との関係を示す関数であって、膨張弁14の特性に応じて適宜設定される。例えば、 $LEV > 0$ を前提とすると、関数 $f0(LEV) = LEV^2$ であれば、関数 $f0^{-1}(LEV) = LEV^{1/2}$ になる。

[0075] 図4は、冷媒流量に比例する開度指令と補正後の開度指令との関係の一例を示すグラフである。図4において、膨張弁14は、補正後の開度指令 $actualLEV$ に対する開度指令 LEV の増加率(傾き)が途中で変わる非線形の関係性を有している。このとき、開度補正部24dは、傾きが異なる領域毎に逆関数 $f0^{-1}$ を規定し、式(19)に基づいて開度指令 LEV を補正した補正後の開度指令 $actualLEV$ を算出する。

[0076] なお、実際の開度指令 $actualLEV$ と冷媒流量 $flow$ とが非線形の関係になる膨張弁14が用いられている場合について例示しているが、線形の関係になる膨張弁14であれば、開度補正部24dは不要である。

[0077] 流量補正係数算出部27は、冷媒回路1xを循環する冷媒流量と予め設定された流量基準値とから流量補正係数を算出するものである。ここで、冷媒回路1xを循環する冷媒流量は、膨張弁14の開度が開けば開くほど大きくなる。そこで、流量補正係数算出部27は、開度指令演算部24cにおいて算出された開度指令 LEV を冷媒流量を示すパラメータとして用いて流量補正係数 Rf を算出する。このとき、補正前の開度指令 LEV を使って精度良く流量補正係数 Rf を求めるために、流量基準値でもある開度指令基準値 $LEVbase$ を用いて補正を行う。この開度指令基準値 $LEVbase$ は、定常状態の冷媒流量の基準点における膨張弁14の開度指令であり、流量基準値として流量補正係数算出部27に予め設定されている。具体的には、流量補正係数算出部27は、下記式(20)に基づき、流量補正係数 Rf を算出する。

[0078]

[数20]

$$Rf = \frac{lev}{LEVbase \cdot rp} \quad \dots \quad (20)$$

[0079] 式(20)において、開度指令LEVが変化率制限器LAGoを経由した後の開度指令levが補正前の冷媒流量を示すパラメータとして用いられる。また、式(20)における圧力補正係数rpは、膨張弁14を流れる冷媒流量は膨張弁14の開度のみならず圧縮機11の吐出圧力にも依存するため、膨張弁14の開度指令levを冷媒流量とした流量補正係数Rfを圧力(厳密には膨張弁14前後の圧力差)で補正するためのものである。

[0080] また、式(20)における圧力補正係数rpは、圧力補正係数算出部28において算出される。なお、流量補正係数算出部27は、圧力補正係数Rpが変化率制限器LAGpを経由した後の圧力補正係数rpを用いて式(20)に基づき流量補正係数Rfを算出する。圧力補正係数算出部28は、凝縮温度Tcと蒸発温度Teとを使って推算される吐出圧力pdと吸入圧力psとから下記式(21)に基づき圧力補正係数Rpを算出する。なお、圧力補正係数算出部28には、吐出圧力Pdが変化率制限器LAGEを経由した後の吐出圧力pdが入力され、吸入圧力Psが変化率制限器LAGdを経由した後の吸入圧力psが入力される。

[0081] [数21]

$$Rp = \left(\frac{pd - ps}{dPbase} \right)^{Np} \quad \dots \quad (21)$$

[0082] 式(21)において、dPbaseは、基準冷媒流量に対応する圧力差基準値であり、Npは圧力補正乗数(例えば1/2)であり、圧力差基準値dPbase及び圧力補正乗数Npは圧力補正係数算出部28に予め設定されている。

[0083] このように、流量補正係数算出部27が圧力補正係数Rpを用いて流量補正係数Rfを算出することにより、精度良く流量補正係数Rfを算出するこ

とができる。すなわち、流量補正係数 R_f が開度指令 l_{ev} だけを用いて演算された場合、開度指令 l_{ev} は実際の冷媒流量とは異なってしまい不正確になる場合がある。例えば、開度指令 l_{ev} が所定値の場合であっても、膨張弁 14 前後の圧力差が所定圧力から所定圧力の 4 倍の大きさになったとき、膨張弁 14 を通過する冷媒流量は理想的には 2 倍に増加する。このように、開度指令 l_{ev} だけで冷媒流量とする場合には不正確になる場合がある。

[0084] そこで、開度指令 l_{ev} から精度良く冷媒流量を算出するために、流量補正係数算出部 27 は、式 (20) のように圧力補正係数 R_p を用いて流量補正係数 R_f を算出する。膨張弁 14 への開度指令 l_{ev} だけを冷媒流量とした流量補正係数 l_{ev} / LEV_{base} と圧力補正係数 r_p とを用いて圧力補正を考慮した流量補正係数 R_f が算出される。式 (20) では、圧力差基準値 dP_{base} に対する流量基準値である開度指令基準値 LEV_{base} に圧力補正係数 r_p を乗算する形で流量補正係数 R_f を補正している。

[0085] なお、式 (20) は流量補正係数 R_f を算出する数式の一例であり、他の数式であってもよい。また、冷媒流量を示すパラメータとして開度指令 l_{ev} が用いられる場合について例示しているが、回転数指令 CF を用いるようにしてもよい。圧縮機 11 の回転数指令 CF を使う際は、基準点における回転数指令が流量基準値になる。

[0086] ところで、上述の通り、膨張弁制御部 24 において開度変化指令 $dLEV$ を算出される際に用いられる比例係数 k_p 及び積分係数 k_i は、比例係数補正部 25a 及び積分係数補正部 25b において流量補正係数 R_f に応じて変化する。特に、積分係数 K_i は、比例係数 K_p よりも流量補正係数 R_f の変化に対する変化範囲が広くなるように設定されている。

[0087] 図 5 は、定常状態における膨張弁制御部 24 の開度指令 LEV と吐出温度偏差 dTd の変化量との関係を示すグラフである。図 5 に示すように、理想的には、圧縮機 11 における吐出温度偏差 dTd の絶対値 $|dTd|$ は、膨張弁 14 の開度指令 LEV に対して反比例する。これは、下記式 (22) のように示すことができ、冷媒流量は冷媒回路 1x で搬送される熱量と等価で

あることを意味する。なお式(22)右辺分子の d は、吐出温度偏差 dT_d の絶対値 $|dT_d|$ と開度指令 LEV との関係式に必要な定数である。

[0088] [数22]

$$|dT_d| = g(LEV) = \frac{d}{LEV} \quad \dots \quad (22)$$

[0089] 例えば冷媒流量が所定の冷媒流量 $flow$ である場合と2倍の流量 $2flow$ である場合とにおいて、それぞれ同じ冷媒流量の変化 $\Delta flow$ を与えたとする。すると、吐出温度の変化量は、2倍の流量 $2flow$ の場合の吐出温度偏差 dT_d は、冷媒流量 $flow$ の場合の吐出温度偏差 dT_d の $1/2$ になる。

[0090] また、吐出温度偏差 dT_d は、系のゲイン K_x に相当する。すなわち系のゲイン K_x は、冷媒流量に反比例する。さらに、冷媒流量が2倍の $2flow$ になると、冷媒が冷媒回路 $1x$ を循環する時間は冷媒流量 $flow$ の場合に比べて半減し、吐出温度が変化するまでの時間も半減する。いわゆる系の無駄時間 L_x は、理想的には冷媒流量に反比例する。一般的に知られた、PI制御器へのパラメータの一つの与え方において、比例係数 K_p は、系の時定数 T_x を系のゲイン K_x と系の無駄時間 L_x で割った値に比例し、積分係数 K_i は比例係数 K_p をさらに系の無駄時間 L_x で割った値に比例する。以上より理想的には、式(23)のように比例係数 K_p は冷媒流量の2乗に比例し、式(24)のように積分係数 K_i は冷媒流量の3乗に比例する。

[0091] [数23]

$$K_p \propto T_x / K_x / L_x \propto flow^2 \quad \dots \quad (23)$$

[0092] [数24]

$$K_i \propto K_p / L_x = T_x / K_x / L_x^2 \propto flow^3 \quad \dots \quad (24)$$

[0093] そこで、比例補正乗数 NK_p は2に設定され、積分補正乗数 NK_i が3に設定されている。なお、これらの値は理想的なものであり、積分補正乗数 NK_i が比例補正乗数 NK_p よりも大きく設定されたものであれば上記数値に

限定されるものではなく、例えば、 $NK_p = 1.5$ 、 $NK_i = 2.5$ などのように、実際には系に合わせて修正した値を用いればよい。

[0094] 上述のように、室温 T_r が設定室温 $T_{r\text{set}}$ になるように制御し、吐出温度 T_d が設定吐出温度 $T_{d\text{set}}$ になるように冷凍サイクル装置 1 を制御する際に、制御装置 20 において必要となる制御パラメータは、流量基準値 LEV_{base} 、圧力基準値 dp_{base} 、フィードフォワード比例基準値 K_{ffbase} 、比例係数基準値 K_{pbase} 、積分係数基準値 K_{ibase} の 5 パラメータである。

[0095] 流量基準値 LEV_{base} 、圧力基準値 dp_{base} 、フィードフォワード比例基準値 K_{ffbase} 、比例係数基準値 K_{pbase} 、積分係数基準値 K_{ibase} は、それぞれ定常状態となった時の値あるいは定常状態となった時にチューニングした値が設定されている。これらの 5 パラメータは、各種試験などを通じて、応答性と安定性とを満足できた定常状態となった時点の値が予め設定される。そして、実際の運転状態における基準点からのズレが、流量補正係数 R_f 、圧力補正係数 R_p 、フィードフォワード比例補正係数 $R_{K_{\text{ff}}}$ 、比例補正係数 $R_{K_{\text{p}}}$ 、積分補正係数 $R_{K_{\text{i}}}$ という比率で算出される。よって、例えば負荷などが変わって運転状態が定常状態から外れても、膨張弁制御部 24 の比例係数 K_p 、積分係数 K_i あるいはさらにフィードフォワード演算部 26a のフィードフォワード比例係数 K_{ff} は、上述した各種補正式によって各運転状態に適した値に常時保たれることになる。また、5 つの係数は、運転状態が変化しても各センサにおいて自動的に計測される温度などから上記の各式 (1) ~ 式 (24) を使って決定される。

[0096] 例えば、室外側熱交換器 13 が凝縮器として機能し、室内側熱交換器 15 が蒸発器として機能する定常で安定となった冷房運転時に、設定室温 $T_{r\text{set}}$ がリモコン等の操作により下げられ、設定室温 $T_{r\text{set}}$ が計測される室温 T_r よりも低くなったとする。すると、室温偏差 dt_r に基づいて、圧縮機 11 の回転数が増加するように回転数指令 CF が算出される。

[0097] 圧縮機 11 の回転数の増加に伴い、冷媒回路 1x の冷媒流量が増加し、室

内側熱交換器 15 内の冷媒の圧力または温度が低下し、室外側熱交換器 13 内の冷媒の圧力または温度が増加する。その結果、室内空気 I A から吸熱して室外空気 O A へ放熱する熱量が増加して室温 T_r が低下し、室温 T_r が設定室温 $T_{r\ set}$ に近づく。これにより、室温 T_r が設定室温 $T_{r\ set}$ に制御される。

[0098] 圧縮機 11 の回転数が増加したとき、圧縮機 11 からの冷媒の吐出温度 T_d は増加する。そのような時、同時に吐出温度設定部 22 において算出される設定吐出温度 $T_{d\ set}$ も増加するが、吐出温度 T_d の増加幅は設定吐出温度 $T_{d\ set}$ の増加幅よりも大きいため、吐出温度 T_d が設定吐出温度 $T_{d\ set}$ よりも高くなる。すると、膨張弁制御部 24 において、吐出温度偏差 d_{td} に基づいて開度指令 $L E V$ が算出され、膨張弁 14 の開度が大きくなるような開度指令 $L E V$ 及び補正後の $a c t u a l L E V$ が算出される。

[0099] ここで、開度指令 $L E V$ が求められる際、流量補正係数 R_f が算出され、比例係数 K_p 及び積分係数 K_i が流量補正係数 R_f を用いて算出される。そして、開度変化指令 $d L E V$ が比例係数 K_p 及び積分係数 K_i を用いて算出され、直前の制御周期の開度指令 $p L E V$ が加算され開度指令 $L E V$ が求められる。また、回転数指令 $C F$ の上昇に応じてフィードフォワード演算部 26a において算出されるフィードフォワード量 d_{ff} は増加する。このため、膨張弁 14 への開度指令 $L E V$ の増加幅は、フィードフォワード量 d_{ff} を加算しない場合に比べて大きくなる。

[0100] 膨張弁 14 の開度が大きくなると、膨張弁 14 を流れる冷媒流量が増加する。すると、膨張弁 14 を通過する前の冷媒の圧力または温度は低下し、膨張弁 14 を通過した後の冷媒の圧力または温度は低下する傾向になる。その結果、吐出温度 T_d が低下して設定吐出温度 $T_{d\ set}$ に近づこうとする。これにより、吐出温度 T_d を設定吐出温度 $T_{d\ set}$ に制御する。

[0101] なお、膨張弁 14 を通過する冷媒流量が流量補正係数 r_f として入力とし、吐出温度 T_d を出力とした関係を、一次遅れと無駄時間の関数とすると、系のゲイン K_x は冷媒の流量に反比例し、系の無駄時間 L_x も冷媒の流量に

反比例する。例えば冷媒流量が2倍に変化した場合、それに伴う吐出温度 T_d の変化、系のゲイン K_x 及び無駄時間 L_x は半分になる。一方で、系の時定数 T_x は冷媒回路1xの冷媒の総量は変わらないので基本的には変化しない。

[0102] ここで、理想的には、比例係数 K_p は冷媒流量の2乗に比例させ、積分係数 K_i は冷媒流量の3乗に比例させる必要がある。例えば、負荷範囲に相当する冷媒流量の変化範囲が流量基準値 $L_{E V b a s e}$ に対して $1/2 \sim 2$ の場合、比例係数 K_p は比例係数基準値 $K_{p b a s e}$ に対して $1/4 \sim 4$ の変化範囲になり、積分係数 K_i は積分係数基準値 $K_{i b a s e}$ に対して $1/8 \sim 8$ の変化範囲になる。よって、比例係数 K_p の最大と最小の比は $1/16$ になり、積分係数 K_i の最大と最小の比は $1/64$ になる。

[0103] そこで、係数補正部25は、冷媒流量の変化範囲において、積分係数 K_i の変化範囲の最大値と最小値との比が比例係数 K_p の変化範囲の最大値と最小値との比よりも大きくなるように、比例係数 K_p 及び積分係数 K_i を算出する。具体的には、上記式(12)、(13)に示すように、冷媒流量を示す流量補正係数 r_f を累乗する比例補正乗数 N_{K_p} は2に設定され、積分補正乗数 N_{K_i} が3に設定されている。このように、膨張弁制御部24において、たとえば冷媒流量の $1/2 \sim 2$ の変化範囲の全域に渡って、適切な応答性と安定性とを両立維持できるように比例動作と積分動作とを行うためには、上記のように比例係数 K_p 及び積分係数 K_i を変化させる必要がある。

[0104] そこで、比例係数 K_p の変化範囲に対して積分係数 K_i の変化範囲を広くなるように算出されることにより、膨張弁14の開度に対する吐出温度 T_d の変化応答を広い負荷範囲にわたって均一化することができる。その結果、膨張弁制御部24による吐出温度 T_d の制御に対する応答性と安定性とを広い負荷範囲にわたって向上させることができる。また、膨張弁制御部24の応答性が遅いことによる圧縮機11の回転数と膨張弁14の開度とに不整合が生じる時間が長くなることにより省エネ性が悪化することを広い負荷範囲にわたって抑制できる。

- [0105] さらに、圧縮機 11 の回転数指令 $C F$ に応じたフィードフォワード量 $d f f$ を膨張弁制御部 24 の制御出力に加算するフィードフォワード演算部 26 a を有するとき、圧縮機制御部 21 による室内空気 $I A$ の室温 $T r$ の応答性に比べて、応答性が遅い膨張弁制御部 24 による吐出温度 $T d$ の応答性をより向上できる。このため、膨張弁制御部 24 の応答性が遅いことによる圧縮機 11 の回転数と膨張弁 14 の開度との間の不整合となる時間が長いことによって省エネ性が悪化することをより抑制できる。また、結果的に圧縮機制御部 21 の熱需要部である室内空気 $I A$ の室温 $T r$ の応答性をより向上できる。
- [0106] このとき、フィードフォワード量 $d f f$ の大きさを冷媒流量によって補正するフィードフォワード係数補正部 26 b を有しているため、広い負荷範囲にわたって、フィードフォワード量 $d f f$ を適切に設定でき、フィードフォワードの効果を上向きできる。
- [0107] また、膨張弁制御部 24 の制御出力である開度指令 $L E V$ を冷媒流量とみなしているため、冷媒流量を計測せずに簡単にフィードフォワード比例係数 $K f f$ 、比例係数 $K p$ 、積分係数 $K i$ の補正を行うことができる。
- [0108] さらに、制御装置 20 が、流量補正係数 $R f$ を吐出圧力 $P d$ と吸入圧力 $P s$ とに基づいて補正するための圧力補正係数 $R p$ を算出する圧力補正係数算出部 28 をさらに備えたことにより、流量補正係数 $R f$ を圧力により補正することができ、実際に膨張弁 14 に流れる冷媒流量を精度良く算出することができる。よって、流量補正係数 $R f$ を用いて算出されるフィードフォワード比例係数 $K f f$ 、比例係数 $K p$ 及び積分係数 $K i$ による補正がより正確となる。
- [0109] また、制御装置 20 が、凝縮温度 $T c$ から吐出圧力を算出する吐出圧力算出部 23 a と、蒸発温度 $T e$ から吸入圧力を算出する吸入圧力算出部 23 b とを有するとき、直接圧力を計測することなく、圧力に基づく流量補正係数 $R f$ を算出することができる。
- [0110] さらに、膨張弁制御部 24 が、開度指令 $L E V$ を補正して補正後の開度指

令 $actualLEV$ を算出する開度補正部 24d を備えた場合、膨張弁制御部 24 の制御出力に対する膨張弁 14 の補正後の開度指令 $actualLEV$ の特性を線形化できる。よって、膨張弁制御部 24 の制御出力に対する吐出温度 T_d の変化を均一化でき、膨張弁制御部 24 による吐出温度 T_d の制御の応答性と安定性を向上させることができる。

[0111] また、制御装置 20 が、回転数指令 cf と吐出圧力 P_d と吸入圧力 P_s とに基づいて設定吐出温度 T_{dset} を設定する吐出温度設定部 22 を備えたとき、冷凍サイクル装置 1 の運転状態に応じた適切な膨張弁制御部 24 への設定吐出温度 T_{dset} を得ることができる。

[0112] 本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されず、種々の変更を加えることができる。例えば、上記実施形態において、変化率制限器 $LAg_a \sim LAg_p$ が使用されている場合について例示しているが、適宜使用していなくてもよい。特に、複数の一次遅れ演算器を直列に使用している場合、1 つに集約するようにしてもよい。すると、トータルでの遅れ時間が減り、一次遅れが少ない方が、圧縮機制御部 21 や膨張弁制御部 24 の制御の応答性を上げることができる。

[0113] また、上記実施形態において、変化率制限器 $LAg_a \sim LAg_p$ は一次遅れ演算器である場合について例示しているが、変化速度制限器 $VLMT$ であってもよい。図 7 は図 1 の冷凍サイクル装置の制御装置における変化率制限器の別の一例を示すブロック図である。図 7 の変化速度制限器 $VLMT$ は、下記式 (25) に示すように、入力 X に対して出力 x の変化が変化速度 $slope$ 以内になる出力変化 dx を算出するものである。式 (25) において、直前の制御周期の出力 p_x に変化速度制限器 $VLMT$ の出力である出力変化 dx が加算されて現制御周期の出力 x となる。なお、出力 x は、 $x = p_x + dx$ である。

[0114]

[数25]

$$dx = \begin{cases} |slope \cdot dt| & \text{at } X - px \geq |slope \cdot dt| \\ |X - px| & \text{at } |X - px| < |slope \cdot dt| \\ -|slope \cdot dt| & \text{at } X - px \leq -|slope \cdot dt| \end{cases} \dots (25)$$

[0115] さらに、上記実施形態において、補正前の冷媒流量として膨張弁制御部24の開度指令LEVを用いたが、膨張弁14の開度指令actualLEVから逆算する関数値f0(actualLEV)、圧縮機制御部21の制御出力、または圧縮機11への回転数指令の何れか1つを用いてもよい。ただし、圧縮機制御部21の制御出力または圧縮機11への回転数指令を流量相当値とする場合、冷媒が気相であるため、圧力補正係数算出部28の圧力差に基づく補正とは別に、圧力による流量の補正を行うようにしてもよい。

[0116] また、上記実施形態において、冷媒流量が制御装置において算出される場合について例示しているが、流量センサを用いて計測した冷媒流量を用いてもよい。また計測した冷媒流量が、物質流量や質量流量であれば、圧力補正係数算出部28および圧力補正係数Rpの圧力差による流量の補正は不必要である。

[0117] さらに、上記実施形態において、室内機1B内の室内側熱交換器15を通過する室内空気1Aを冷却または加熱して室内を冷暖房する冷凍サイクル装置1としたが、室内空気1Aではなく冷媒によって循環水を冷却または加熱して、さらに循環水と室内空気とを熱交換する熱交換器を備え、間接的に室内を冷暖房する構成であってもよい。この場合、室外機1A側に冷媒と循環水とを熱交換する室内側熱交換器を備えるように構成してもよい。このようにすると、冷媒の冷媒回路1xを室外機1A内で閉じることができ、室内への冷媒漏れのリスクを低減させることができる。なお、上述のような循環水と室内空気との熱交換器にも送風ファンを設けてもよい。

[0118] 上記実施形態では室内を冷暖房できる冷凍サイクル装置1としているが、

冷房または暖房だけであってもよい。特に冷房だけの場合、圧縮機 1 1 による冷媒回路 1 x の冷媒の循環方向は切替無くてもよいので流路切替器 1 2 は不要である。

[0119] また、流量補正係数算出部は、膨張弁制御部 2 4 において算出された膨張弁 1 4 の開度指令を用いて流量補正係数 R_f を算出する場合について例示しているが、冷媒流量を推定可能なパラメータから流量補正係数 R_f を算出してもよく、例えば膨張弁 1 4 の実開度、圧縮機 1 1 の回転数指令 C_F もしくは圧縮機 1 1 の実回転数のいずれかから冷媒流量を演算して流量補正係数を算出してもよい。

符号の説明

[0120] 1 冷凍サイクル装置、1 A 室外機、1 B 室内機、1 x 冷媒回路、2 冷媒配管、1 1 圧縮機、1 2 流路切替器、1 3 室外側熱交換器、1 3 a 室外ファン、1 4 膨張弁、1 5 室内側熱交換器、1 5 a 室内ファン、1 6 吐出センサ、1 7 第 1 冷媒温度センサ、1 8 第 2 冷媒温度センサ、1 9 空気温度センサ、2 0 冷凍サイクル装置の制御装置、2 1 圧縮機制御部、2 1 a 差分算出部、2 1 b 変化指令演算部、2 1 c 回転数指令算出部、2 2 吐出温度設定部、2 3 温度圧力変換部、2 3 a 吐出圧力算出部、2 3 b 吸入圧力算出部、2 4 膨張弁制御部、2 4 a 吐出偏差算出部、2 4 b 開度変化指令演算部、2 4 c 開度指令演算部、2 4 d 開度補正部、2 5 係数補正部、2 5 a 比例係数補正部、2 5 b 積分係数補正部、2 6 フィードフォワード部、2 6 a フィードフォワード演算部、2 6 b フィードフォワード係数補正部、2 7 流量補正係数算出部、2 8 圧力補正係数算出部、 $actualLEV$ 補正後の開度指令、 C_F 、 c_f 回転数指令、 pC_F 、 pc_f 直前の制御周期の回転数指令、 dC_F 回転数変化指令、 dFF 、 dff フィードフォワード量、 $dLEV$ 開度変化指令、 $dPbase$ 圧力差基準値、 N_p 圧力補正乗数、 dt 制御周期、 dt_d 吐出温度偏差、 dt_r 室温偏差、 FF フィードフォワード積分量、 pFF 直前の制御周期のフィードフォワード

量、 $f l o w$ 冷媒流量、 $I A$ 室内空気、 $K f f$ 、 $k f f$ フィードフォワード比例係数、 $R K f f$ フィードフォワード比例補正係数、 $N K f f$ フィードフォワード比例補正乗数、 $K f f b a s e$ フィードフォワード比例基準値、 $K i$ 、 $k i$ 積分係数、 $K i b a s e$ 積分係数基準値、 $K i c f$ 圧縮機制御部21の積分係数、 $K p$ 、 $k p$ 比例係数、 $K p b a s e$ 比例係数基準値、 $K p c f$ 圧縮機制御部21の比例係数、 $K x$ ゲイン、 $L A G a \sim L A G p$ 変化率制限器、 $L E V$ 、 $l e v$ 開度指令、 $L E V b a s e$ 開度指令基準値（流量基準値）、 $L x$ 無駄時間、 $N K i$ 積分補正乗数、 $N K p$ 比例補正乗数、 $O A$ 室外空気、 $P d$ 、 $p d$ 吐出圧力、 $p d t d$ 直前の制御周期の吐出温度偏差、 $p d t r$ 室温偏差、 $p L E V$ 直前の制御周期の開度指令、 $P s$ 、 $p s$ 吸入圧力、 X 入力、 $d x$ 出力の変化幅、 x 出力、 $p x$ 直前の制御周期の出力、 $R f$ 、 $r f$ 流量補正係数（冷媒流量）、 $R K i$ 積分補正係数、 $R K p$ 比例補正係数、 $R p$ 、 $r p$ 圧力補正係数、 $s l o p e$ 変化速度、 $T 1$ 、 $T 2$ 温度、 $T c$ 、 $t c$ 凝縮温度、 $T d$ 、 $t d$ 吐出温度、 $T d s e t$ 、 $t d s e t$ 設定吐出温度、 $T e$ 、 $t e$ 蒸発温度、 $T f f$ 、 $T x$ 時定数、 $T r$ 、 $t r$ 室温、 $T r s e t$ 、 $t r s e t$ 設定室温、 $V L M T$ 変化速度制限器、 $\Delta f l o w$ 流量変化。

請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とを冷媒配管で接続した冷媒回路を備える冷凍サイクル装置の制御装置であって、
- 前記圧縮機から吐出される冷媒の吐出温度と設定吐出温度との吐出温度偏差と、比例係数及び積分係数の少なくとも2種類の制御パラメータとに基づいて、前記膨張弁の開度指令を出力する膨張弁制御部と、
- 前記冷媒回路を循環する冷媒流量と予め設定された流量基準値とから流量補正係数を算出する流量補正係数算出部と、
- 予め設定された比例係数基準値から前記流量補正係数によって補正して前記比例係数を算出し、予め設定された積分係数基準値から前記流量補正係数によって補正して前記積分係数を算出する係数補正部とを備え、
- 前記係数補正部は、前記冷媒流量の変化範囲において、前記積分係数の変化範囲が前記比例係数の変化範囲よりも大きくなるように、前記比例係数及び前記積分係数を算出するものである冷凍サイクル装置の制御装置。
- [請求項2] 前記圧縮機の回転数を制御する回転数指令を出力する圧縮機制御部をさらに備えた請求項1に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。
- [請求項3] 前記圧縮機制御部から出力された前記回転数指令と、前記圧縮機の吐出圧力及び吸入圧力とから前記設定吐出温度を設定する吐出温度設定部をさらに有し、
- 前記膨張弁制御部は、前記吐出温度設定部において設定された前記設定吐出温度を用いて前記膨張弁の開度指令を出力するものである請求項2に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。
- [請求項4] 前記流量補正係数算出部は、前記膨張弁制御部において算出された前記膨張弁の開度指令、前記膨張弁の実開度、前記圧縮機の回転数指令もしくは前記圧縮機の実回転数のいずれかから前記冷媒流量を演算

して前記流量補正係数を算出するものである請求項2又は3に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。

[請求項5] 前記圧縮機の吐出圧力及び吸入圧力を用いて圧力補正係数を算出する圧力補正係数算出部をさらに有し、

前記流量補正係数算出部は、前記圧力補正係数算出部において算出された前記圧力補正係数を加味して前記流量補正係数を算出するものである請求項4に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。

[請求項6] 前記圧縮機の回転数指令とフィードフォワード比例係数とを用いてフィードフォワード量を算出するフィードフォワード部をさらに備え、

前記膨張弁制御部は、前記フィードフォワード部において算出された前記フィードフォワード量を加算した前記膨張弁の開度指令を出力するものである請求項2～5のいずれか1項に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。

[請求項7] 前記フィードフォワード部は、

予め設定されたフィードフォワード比例基準値から前記流量補正係数によって補正して前記フィードフォワード比例係数を算出するフィードフォワード係数補正部と、

前記圧縮機の回転数指令とから前記フィードフォワード量を演算するフィードフォワード演算部と

を有する請求項6に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。

[請求項8] 前記膨張弁制御部は、前記開度指令と、前記膨張弁に固有の冷媒流量特性とが線形関係になるように前記開度指令を補正する膨張弁開度補正部を有する請求項1～7のいずれか1項に記載の冷凍サイクル装置の制御装置。

[請求項9] 圧縮機と、凝縮器と、膨張弁と、蒸発器とを冷媒配管で接続した冷媒回路を備える冷凍サイクル装置の制御方法であって、

前記圧縮機から吐出される冷媒の吐出温度と設定吐出温度との吐出

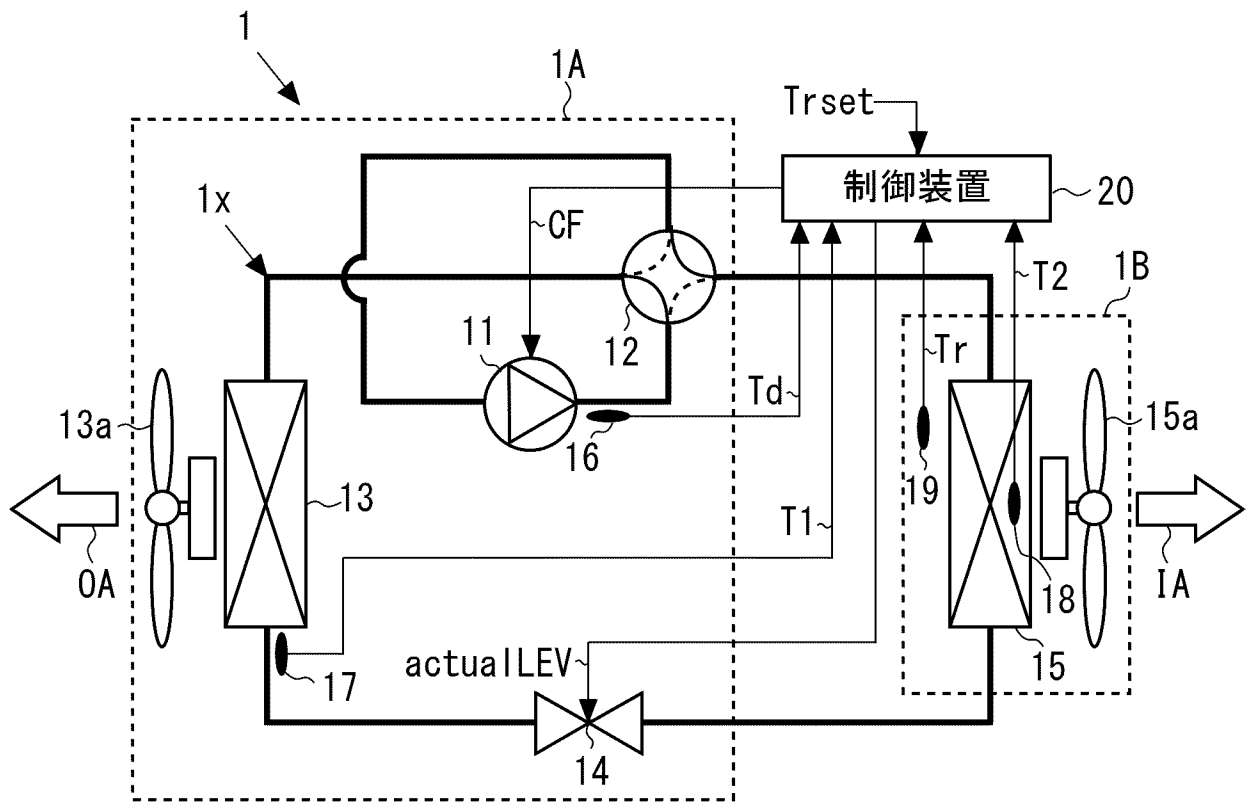
温度偏差と、比例係数と積分係数の少なくとも2種類の制御パラメータとに基づいて、前記膨張弁の開度指令を出力し、

前記冷媒回路を循環する冷媒流量と予め設定された流量基準値とから流量補正係数を算出し、

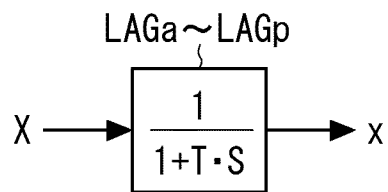
予め設定された比例係数基準値から前記流量補正係数によって補正して前記比例係数を算出し、予め設定された積分係数基準値から前記流量補正係数によって補正して前記積分係数を算出するものであり、

前記比例係数及び前記積分係数を算出する際、前記冷媒流量の変化範囲において、前記積分係数の変化範囲を、前記比例係数の変化範囲よりも大きくなるように算出する冷凍サイクル装置の制御方法。

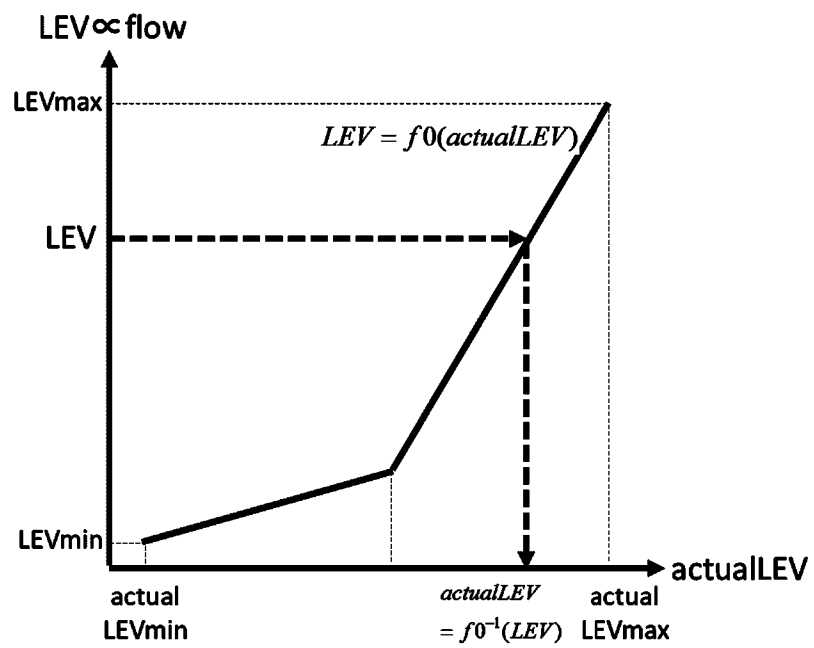
[図1]



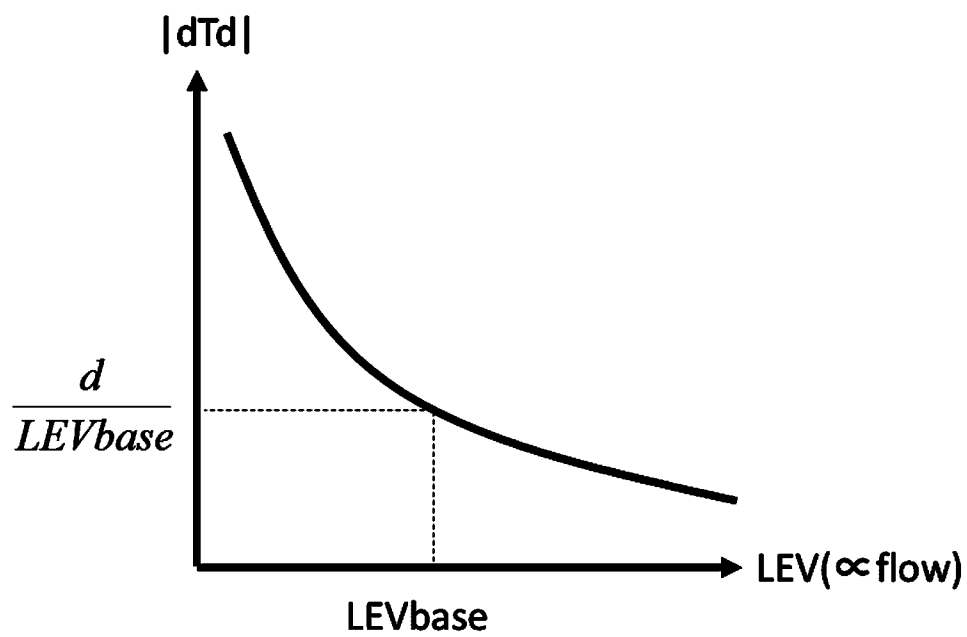
[図3]



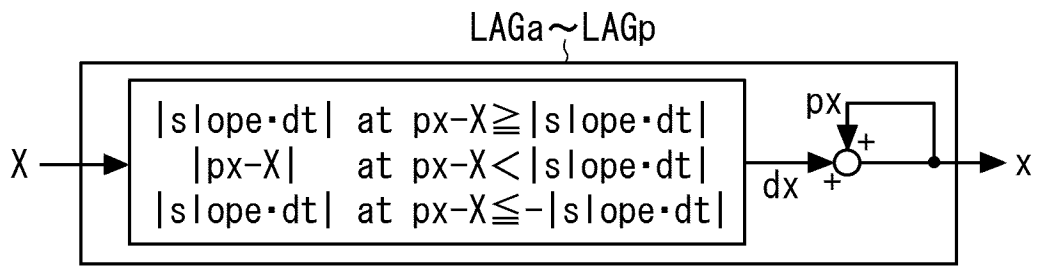
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/056122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F25B1/00(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

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 61-089454 A (Hitachi, Ltd.), 07 May 1986 (07.05.1986), page 1, lower left column, line 4 to page 3, lower left column, line 14; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-9
A	JP 61-184367 A (Hitachi, Ltd.), 18 August 1986 (18.08.1986), page 1, lower left column, line 4 to page 3, upper right column, line 14; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15 May 2015 (15.05.15)	Date of mailing of the international search report 26 May 2015 (26.05.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. F25B1/00(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（IPC）） Int.Cl. F25B1/00		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 61-089454 A（株式会社日立製作所）1986.05.07, 第1頁下左欄 第4行-第3頁下左欄第14行, 第1-3図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 61-184367 A（株式会社日立製作所）1986.08.18, 第1頁下左欄 第4行-第3頁上右欄第14行, 第1-6図（ファミリーなし）	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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	国際調査報告の発送日	
15.05.2015	26.05.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 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） 安島 智也 電話番号 03-3581-1101 内線 3377	3M 9741