

(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
2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/190665 A1

- (51) 国際特許分類:
F25B 1/00 (2006.01) *H02M 7/48* (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/065767
- (22) 国際出願日: 2012 年 6 月 20 日(20.06.2012)
- (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(米国を除く全ての指定国について): 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: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 神谷 庄太 (KAMIYA, Shota) [—/JP]; 〒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). 畠山 和徳(HATAKEYAMA, Kazunori) [—/JP]; 〒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). 湯浅健太(YUASA, Kenta) [—/JP]; 〒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). 松下 真也(MATSUSHITA, Shinya)

[—/JP]; 〒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). 楠部真作(KUSUBE, Shinsaku) [—/JP]; 〒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). 牧野 勉(MAKINO, Tsutomu) [—/JP]; 〒4618670 愛知県名古屋市中区矢田南五丁目 1 番 1 4 号 三菱電機メカトロニクスソフトウエア株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

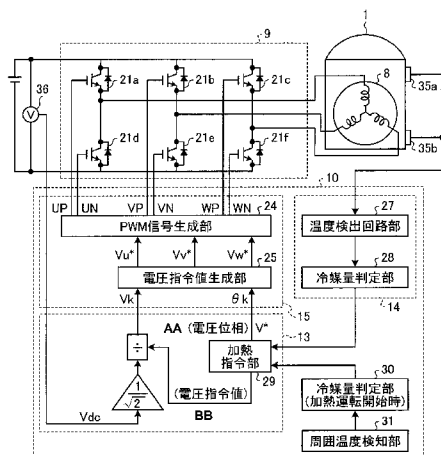
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[続葉有]

(54) Title: HEAT PUMP DEVICE, AIR CONDITIONER, AND REFRIGERATING MACHINE

(54) 発明の名称: ヒートポンプ装置、空気調和機および冷凍機

[図2]



24 PWM signal generation unit
25 Voltage command value generation unit
27 Temperature detection circuit unit
28 Refrigerant amount determination unit
29 Heating command unit
30 Refrigerant amount determination unit (when heating operation starts)
31 Ambient temperature detection unit
AA Voltage phase
BB Voltage command value

(57) Abstract: A heat pump device equipped with: a compressor (1) having a compression mechanism that compresses a refrigerant and a motor (8) that drives the compression mechanism; an inverter unit (9) that applies voltage for driving the motor (8); an inverter control unit (10) that generates a drive signal for driving the inverter (9); and temperature sensors (35a, 35b) that detect the temperature of the compressor (1). The inverter control unit (10) has a normal operation mode wherein the compressor (1) is operated normally, thereby compressing the refrigerant, and a heating operation mode wherein the compressor (1) is heated and operated by applying a high-frequency voltage to the motor (8). In the heating operation mode, the amplitude and phase of a voltage command for the purpose of generating the high-frequency voltage are determined on the basis of the temperatures detected by the temperature sensors (35a, 35b) and a predetermined required heating amount.

(57) 要約: 冷媒を圧縮する圧縮機構と圧縮機構を駆動するモータ 8 とを有する圧縮機 1 と、モータ 8 を駆動する電圧を印加するインバータ部 9 と、インバータ部 9 を駆動する駆動信号を生成するインバータ制御部 10 と、圧縮機 1 の温度を検知する温度センサ 35a、35b と、を備え、インバータ制御部 10 は、圧縮機 1 を通常運転して冷媒を圧縮する通常運転モードと、モータ 8 へ高周波電圧を印加することにより圧縮機 1 を加熱運転する加熱運転モードとを有し、加熱運転モードにおいて、温度センサ 35a、35b により検知された温度と予め指定された必要加熱量とに基づいて高周波電圧を生成するための電圧指令の振幅および位相を決定する。



(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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ヒートポンプ装置、空気調和機および冷凍機

技術分野

[0001] 本発明は、圧縮機を用いたヒートポンプ装置に関し、特に、空気調和機や冷凍機、温水機などに適用されるヒートポンプ装置に関する。

背景技術

[0002] 従来のヒートポンプ装置として、空気調和機の暖房開始時の立ち上がりスピードを向上させるために、暖房時の運転停止中に高周波の低電圧を圧縮機に供給するものがある（例えば、特許文献1参照）。同様の技術として、空気調和機の周囲温度が低温状態を検知した際に、通常運転時より高周波数の単相交流電圧を圧縮機に供給するものがある（例えば、特許文献2参照）。

[0003] また、冷媒寝込み現象の発生を防止するために圧縮機を予備加熱する拘束通電において、圧縮機モータの駆動信号として、二相変調方式のPWM（Pulse Width Modulation）出力にて、所定の位相角で静止した出力を行う信号を生成するものがある（例えば、特許文献3参照）。

[0004] 一般的に圧縮機への寝込み防止対策として、圧縮機の運転停止中は、ヒーターによって圧縮機内を加熱したり、インバータによって圧縮機モータの巻線に拘束通電（圧縮機モータを駆動しない電圧）して、圧縮機内を加熱している。しかしながら、運転停止中に圧縮機内の加熱のために電力を常に消費し、待機電力が増大するという課題があった。そこで、従来の圧縮機の加熱制御では、外気温度検出器によって外気温度を検出し、検出された外気温度が所定値以上となった場合に拘束通電またはヒーターによる加熱を停止して消費電力を低減している（例えば、特許文献4参照）。

[0005] また、上記の方式は外気温度やその他の部分の温度を検出することで、圧縮機内の冷媒状態を予測するものであるが、圧縮機に冷媒状態を検出するセンサを設置することで直接的に冷媒状態を検出する方式がある。この方式は、圧縮機を加熱するヒーターと、冷媒と冷凍機油の電気抵抗を検知する絶縁

抵抗センサとを備え、そのセンサによって検出された絶縁抵抗値が所定値以下となった場合にヒーターに通電し、冷凍機油を加熱することで冷媒の二相分離を防止する。また、絶縁抵抗値が所定値以上となった場合には、ヒーターへの通電を停止して消費電力の低減を図っている（例えば、特許文献5参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：実開昭60－68341号公報
特許文献2：特開昭61－91445号公報
特許文献3：特開2007－166766号公報
特許文献4：特開2000－292014号公報
特許文献5：特開2000－145640号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 上記の特許文献1および2では、外気温度の低下に応じて圧縮機に高周波の交流電圧を印加することで圧縮機を加熱もしくは保温し、圧縮機内部の潤滑作用を円滑にする技術が示されている。
- [0008] しかしながら、特許文献1には高周波の低電圧についての詳細な記載がなく、ロータの停止位置に依存する出力変化を考慮していないため、所望する圧縮機の加熱量を得られないおそれがある、という問題があった。
- [0009] 一方、上記特許文献2には、25kHzといった高周波の単相交流電源にて電圧を印加することが記載されているとともに、可聴域を外れることによる騒音抑制、共振周波数を外れることによる振動抑制、巻線のインダクタンス分による小電流化での入力低減と温度上昇防止、圧縮機の回転部の回転抑制といった効果が示されている。
- [0010] しかしながら、特許文献2の技術では、高周波の単相交流電源であるため、特許文献2の図3に示されるように全てのスイッチング素子がオフとなる

全オフ区間が比較的長く発生することになる。このとき、高周波電流は還流ダイオードを介して電動機を還流せずに直流電源に回生され、オフ区間の電流の減衰が早く、電動機に効率的に高周波電流が流れずに圧縮機の加熱効率が悪くなる、という問題があった。また、小型で鉄損の小さなモータを用いた場合に、印加電圧に対する発熱量が小さくなり使用可能範囲内の電圧で、必要な加熱量を得られないという問題もある。

[0011] また、特許文献3には、モータ巻線に直流電流を流す拘束通電を行うことにより、ロータが回転しないようにして予熱を行う技術が開示されている。

[0012] しかしながら、近年のモータの高効率設計によりモータの巻線抵抗が小さくなる傾向にあり、特許文献3に示すモータ巻線に直流電流を流す予熱方法の場合、発熱量が巻線抵抗と電流の二乗で得られるため、巻線抵抗が減少した分、電流が増加することとなる。その結果、インバータの損失増大による発熱が問題となり、信頼性の低下や放熱構造へのコスト増加という別の問題が発生する。

[0013] また、特許文献4に記載された圧縮機の加熱制御は、外気温度によって圧縮機の加熱時間を短縮し、運転停止中の消費電力を低減しているが、外気温度から圧縮機内部の冷媒状態を予測するものであり、確実に冷媒状態を検出するものではない。運転停止中における冷媒回路内の冷媒は最も低温の部分に集まる特性があり、室内機と室外機の温度差が大きくなる外気温度が低いときに圧縮機へ冷媒が溜まり込むことが多い。しかしながら、室外機の冷媒回路内の温度差によって外気温度が高い場合でも室外機の冷媒回路内において、圧縮機の温度が最も低くなる状態がある。また、外気温度が低い場合でも室外機の冷媒回路内において、圧縮機よりも室外熱交換器のほうが低温になり、圧縮機へ冷媒が溜まり込まない場合がある。そのため、実際には圧縮機の加熱が必要ではない（冷媒寝込みが発生していない）時にも圧縮機内を加熱しているため無駄な電力を消費している。また、実際には圧縮機の加熱が必要である冷媒寝込みが発生している時に圧縮機の加熱を停止してしまうことによって圧縮機の軸破損などの不具合が発生するおそれがある。

[0014] また、特許文献５に記載の冷凍装置では、圧縮機の給油管の下方に絶縁抵抗センサを設置し、冷媒と冷凍機油の二相分離を絶縁抵抗によって検出するようにしている。絶縁抵抗が所定値以下になった時のみヒーターに通電を行い、冷凍機油を加熱することで停止中の消費電力を消費している。しかしながら、絶縁抵抗を精度良く検出するためには高コストな絶縁抵抗センサが必要となるといった課題がある。

[0015] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、安定的に圧縮機を加熱することが可能なヒートポンプ装置、空気調和機および冷凍機を得ることを目的とする。

[0016] また、必要な加熱を効率的に実現することが可能なヒートポンプ装置、空気調和機および冷凍機を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、冷媒を圧縮する圧縮機構と前記圧縮機構を駆動するモータとを有する圧縮機と、前記モータを駆動する電圧を印加するインバータと、前記インバータを駆動する駆動信号を生成するインバータ制御部と、前記圧縮機の温度を検知する温度センサと、を備え、前記インバータ制御部は、前記モータへ高周波電圧を印加することにより前記圧縮機を加熱運転する加熱運転モードと、前記圧縮機を通常運転して冷媒を圧縮する通常運転モードを有し、前記加熱運転モードにおいて、前記温度センサにより検知された温度と予め指定された必要加熱量とに基づいて前記高周波電圧を生成するための電圧指令の振幅および位相を決定することを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明にかかるヒートポンプ装置は、安定的、効率的に圧縮機を加熱して冷媒寝込み現象を回避することができ、省エネルギーを実現できるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図１は、実施の形態１のヒートポンプ装置の構成例を示す図である。

[図2]図2は、ヒートポンプ装置の要部構成の一例を示す図である。

[図3]図3は、PWM信号生成部の一相分（U相）の信号生成方法を示す図である。

[図4]図4は、実施の形態1における8通りのスイッチングパターンを示す図である。

[図5]図5は、 V^* を任意の値とし、加熱指令部が出力する高周波位相指令 θ_k として 0° と 180° を切り替える場合のPWM信号の一例を示す図である。

[図6]図6は、図5に示した動作に対応する電圧ベクトル変化の説明図である。

[図7]図7は、実施の形態1のヒートポンプ装置が備えているインバータ制御部の加熱制御モードにおける動作例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、圧縮機1が備えている温度センサからの出力、及び圧縮機の温度変化の様子を示した図である。

[図9]図9は、シリコンデバイス（以下、Siデバイス）とSiCデバイスの耐圧とオン抵抗の関係を示す図である。

[図10]図10は、実施の形態3のヒートポンプ装置の構成例を示す図である。

[図11]図11は、図10に示したヒートポンプ装置の冷媒の状態についてのモリエル線図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下に、本発明にかかるヒートポンプ装置、空気調和機および冷凍機の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0021] 実施の形態1.

図1は、本発明にかかるヒートポンプ装置の実施の形態1の構成例を示す図である。本実施の形態のヒートポンプ装置100は、例えば空気調和機を構成し、圧縮機1、四方弁2、熱交換器3、膨張機構4および熱交換器5が

、冷媒配管 6 を介して、順次接続された冷凍サイクルを備える。圧縮機 1 の内部には冷媒を圧縮する圧縮機構 7 と、この圧縮機構 7 を動作させるモータ 8 とが設けられている。モータ 8 は、U 相、V 相、W 相の三相の巻線を有する三相モータである。

[0022] モータ 8 に電圧を与え駆動させるインバータ部 9 は、モータ 8 と電氣的に接続されている。インバータ部 9 は、直流電圧（母線電圧） V_{dc} を電源とし、モータ 8 の U 相、V 相、W 相の巻線に電圧 V_u 、 V_v 、 V_w をそれぞれ印加する。インバータ部 9 には、インバータ制御部 10 が電氣的に接続されている。インバータ制御部 10 は、通常運転モード制御部 11 と、冷媒推定部 14 および高周波通電部 13 を有する加熱運転モード制御部 12 と、駆動信号生成部 15 と、周囲温度検知部 31 と、冷媒量判定部（加熱運転開始時）30 とを備えており、インバータ部 9 を駆動するための信号（たとえば PWM 信号）をインバータ部 9 へ出力する。

[0023] インバータ制御部 10 において、通常運転モード制御部 11 は、ヒートポンプ装置 100 が通常の動作を行う場合に使用される。通常運転モード制御部 11 は、駆動信号生成部 15 を制御することにより、モータ 8 を回転駆動させるための PWM 信号をインバータ駆動信号として出力させる。

[0024] 加熱運転モード制御部 12 は、圧縮機 1 を加熱する場合に使用される。加熱運転モード制御部 12 は、駆動信号生成部 15 を制御することにより、モータ 8 が追従できない高周波電流（高周波電圧）を流してモータ 8 を回転駆動させることなく圧縮機 1 を加熱するための PWM 信号を、インバータ駆動信号として出力させる。その際、高周波通電部 13 は、冷媒量推定部 14 において圧縮機 1 の温度を検知する温度センサ 35a、35b からの信号により推定された冷媒量の推定結果に基づいて、駆動信号生成部 15 を制御する。そして、駆動信号生成部 15 が高周波通電部 13 からの制御に基づいて PWM 信号を出力してインバータ部 9 を駆動することで、圧縮機 1 に滞留した液冷媒を短時間で温めて気化させ、圧縮機 1 外部へ排出させる。

[0025] 図 2 は、ヒートポンプ装置の要部構成の一例を示す図である。図示したよ

うに、インバータ部 9 は、母線電圧 V_{dc} を電源とし、6つのスイッチング素子 (21a, 21b, 21c, 21d, 21e, 21f) を備え、上側 (上側素子を表す文字を P とする) と下側 (下側素子を表す文字を N とする) のスイッチング素子で構成される直列接続部が並列に 3 個接続された回路である。インバータ部 9 は、インバータ制御部 10 から入力される駆動信号である PWM 信号 (U_P , U_N , V_P , V_N , W_P , W_N) に従い、それぞれに対応したスイッチング素子を駆動することで、三相の電圧 V_u , V_v , V_w を発生させ、モータ 8 の U 相, V 相, W 相の巻線それぞれに電圧を印加する。なお、インバータ部 9 の入力側 (母線電圧 V_{dc} の供給側) には V_{dc} を検知するための電圧センサ 36 が設けられている。

[0026] インバータ制御部 10 は、図 1 に示した加熱運転モード制御部 12 を構成している冷媒量推定部 14 および高周波通電部 13 と、駆動信号生成部 15 とを備える。冷媒量推定部 14 は温度検出回路部 27 および冷媒量判定部 28 を備える。高周波通電部 13 は加熱指令部 29 を備える。また、インバータ制御部 10 は、周囲温度検知部 31、周囲温度検知部からの信号により冷媒量を判定する冷媒量判定部 (加熱運転開始時) 30 を備える。駆動信号生成部 15 は電圧指令値生成部 25 および PWM 信号生成部 24 を備える。なお、図 2 では、本実施の形態のヒートポンプ装置において特徴的な動作を行う構成要素のみを記載するようにしており、図 1 に示した通常運転モード制御部 11 については記載を省略している。

[0027] 加熱運転モード制御部 12 (冷媒量推定部 14 および高周波通電部 13) は、加熱運転モードにおける高周波電圧指令 V_k および高周波位相指令 θ_k を生成し、駆動信号生成部 15 へ入力する。

[0028] 駆動信号生成部 15 において、電圧指令値生成部 25 は、高周波通電部 13 から入力される高周波電圧指令 V_k および高周波位相指令 θ_k に基づいて、三相 (U 相, V 相, W 相) それぞれの電圧指令 V_{u*} , V_{v*} , V_{w*} を生成する。PWM 信号生成部 24 は、三相電圧指令 V_{u*} , V_{v*} , V_{w*} に基づいて PWM 信号 (U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N) を生成して

インバータ部 9 を駆動することにより、モータ 8 に電圧を印加させる。このとき、モータ 8 のロータが回転しないような高周波電圧を印加させ、モータ 8 を備えている圧縮機 1（図 1 参照）を加熱する。なお、駆動信号生成部 15 は、ヒートポンプ装置が通常運転モードで動作する場合にも PWM 信号を生成する。その場合の PWM 信号生成方法は、入力される情報（上記の V_k , θ_k に相当する情報）が異なる以外は、加熱運転モード時で動作する場合と同様である。

[0029] 以下、実施の形態 1 のヒートポンプ装置の特徴的な動作について詳しく説明する。冷媒量推定部 14 は、複数の温度センサ 35 a , 35 b により検出された温度間の差分情報や、初期温度との差分情報により冷媒量を推定する。温度センサ 35 a , 35 b からの検出信号は、温度検出回路部 27 へ入力され、温度検出回路部 27 は、温度センサ 35 a , 35 b の検出結果に基づいて温度センサ 35 a , 35 b により検出された温度間の差分（差分情報）または初期温度との差分（差分情報）を求め、差分情報は冷媒量判定部 28 へと入力される。冷媒量判定部 28 は、入力された差分情報に基づいて冷媒状態（冷媒量）を推定し、推定結果を加熱指令部 29 へ出力する。温度センサ 35 a , 35 b の検知タイミングは初期及び加熱中も常に行われるものとする。なお、本実施の形態においては、温度センサ 35 a , 35 b の位置および個数については特に規定しない。圧縮機の温度を検知可能であり、かつ、複数の温度センサにより差分情報が得られればよい。

[0030] また、周囲温度検知部 31 は、外気温度（周囲温度）を検出し、検出結果を冷媒量判定部（加熱運転開始時）30 に入力する。冷媒量判定部（加熱運転開始時）30 は、外気温度に基づいて冷媒状態（冷媒量）を推定する。

[0031] 従来、外気温度から圧縮機内部の冷媒状態を予測し、外気温度が所定値以上の場合は冷媒が寝込み状態にあると判定する手法がある。本実施の形態の周囲温度検知部 31 および冷媒量判定部（加熱運転開始時）30 は、このように外気温度に基づいて冷媒が寝込み状態にあるか否かを判定する。しかしながら、このように外気温度に基づいた推定は、確実に冷媒状態を検出する

ものではない。特に、運転停止中における冷媒回路内の冷媒は最も低温の部分に集まる特性があり、室内機と室外機の温度差が大きくなる外気温度が低いときに圧縮機へ冷媒が溜まり込むことが多い。

[0032] そこで、本実施の形態では、複数の温度センサ 35 a, 35 b により、圧縮機 1 の温度を検知し、運転停止中においても冷媒状態を正確に把握できるようにしている。例えば、加熱運転を開始するか否かについては外気温度に基づく冷媒状態の推定結果を用いて判定し、加熱運転時の高周波位相指令 θ_k については、複数の温度センサ 35 a, 35 b により求めた冷媒量の推定結果を用いて算出する。

[0033] 振幅位相決定部として動作する高周波通電部 13 において、加熱指令部 29 は冷媒量推定部 14 からの冷媒量の推定結果、及び冷媒量判定部 30 から冷媒量の判定結果に基づいて加熱出力を決定する。冷媒量推定部 14 による冷媒量の推定方法の例については後述する。

[0034] 本実施の形態のヒートポンプ装置においては、冷媒量を推定し、必要な発熱量が得られるように、冷媒量の推定結果に基づいて加熱指令部 29 が高周波位相指令 θ_k を生成・出力して圧縮機 1 を安定的に加熱する。これにより、冷媒量に対応する加熱出力を得るための電圧位相 θ_k が設定できる。また、冷媒量に応じて電圧位相および電圧指令値を調整することにより、省エネルギーを実現しつつ使用者の所望する加熱性能を提供できる。

[0035] 加熱指令部 29 は、冷媒量推定部 14 (冷媒量判定部 28) からの推定信号 (冷媒量の推定結果) を基にモータ 8 に通電するための電圧位相 θ_k を求める。たとえば、モータ 8 の 0° の位置に対応する巻線に通電させる場合には、 $\theta_k = 0$ を出力する。ただし、固定値で連続通電を行った場合、モータ 8 の特定部分のみが発熱する恐れがあるため、時間の経過と共に θ_k を変化させるようにしてもよい。

[0036] 前述の通り、冷媒量を推定することができれば、必要なだけの加熱を行うことにより液冷媒を排出可能となる。推定結果に応じた出力で通電させることにより、圧縮機 1 内の液冷媒を確実に排出可能となり、装置の信頼性が向

上する。また、冷媒量が少ない場合には出力を調節することにより省エネルギーとなる。

[0037] また、加熱指令部 29 は必要加熱量に基づいて、発熱に必要な電圧指令 V^* を出力する。たとえば必要加熱量と電圧指令 V^* の関係をテーブルデータとしてあらかじめ記憶しておくことにより、必要加熱量に応じた電圧指令 V^* を得ることができる。必要加熱量は使用者によって指定される情報である。

[0038] 高周波通電部 13 は、電圧センサ 36 で検出された母線電圧 V_{dc} と加熱指令部 29 から入力された電圧指令 V^* に基づいて、高周波電圧指令 V_k を生成する。高周波電圧指令 V_k は、電圧指令 V^* と母線電圧 V_{dc} を用いて次式で表される。

$$V_k = V^* \times \sqrt{2} / V_{dc}$$

[0039] なお、高周波電圧指令 V_k は、周囲温度検知部 31 や温度センサ 35a, 35b からの温度情報、圧縮機構造上などのデータを考慮し、これらのデータに基づいて補正するようにしてもよい。このように補正することで、動作環境に応じたより正確な値を得ることができ、信頼性を向上させることが可能である。

[0040] また、高周波電流の駆動周波数を高く設定することで、角周波数 ω を高くすることができる。 ω が高くなることにより鉄損が増加し発熱量が増加するため、省エネルギー化が可能となる。なお、人間の可聴域に含まれる周波数で高周波通電を行うと、モータ 8 の電磁音により騒音が発生するため、可聴域外（例えば 20 kHz 以上）に設定する。なお、高周波電流の周波数、位相、振幅のうち少なくともいずれか 1 つを使用者からの入力により設定可能とすることができる。

[0041] 続いて、駆動信号生成部 15 がインバータ部 9 の駆動信号として PWM 信号を生成する動作について説明する。

[0042] PWM 信号を生成する駆動信号生成部 15 においては、まず、電圧指令値生成部 25 が、高周波電圧指令 V_k および位相指令 θ_k に基づいて電圧指令

値 V_u^* , V_v^* , V_w^* を生成する。

[0043] モータ 8 は三相モータであるが、三相モータの場合、一般的に U, V, W の三相の位相は互いに 120° ($=2\pi/3$) 異なる。そのため、電圧指令値生成部 25 は、 V_u^* , V_v^* , V_w^* として、以下の式 (1) ~ (3) に示したような、位相が $2\pi/3$ ずつ異なる余弦波（正弦波）の V^* および θ に高周波電圧指令 V_k および電圧位相 θ_k をそれぞれ代入して各相の電圧指令値を生成する。

$$V_u^* = V^* \times \cos \theta \quad \dots (1)$$

$$V_v^* = V^* \times \cos (\theta - (2\pi/3)) \quad \dots (2)$$

$$V_w^* = V^* \times \cos (\theta + (2\pi/3)) \quad \dots (3)$$

[0044] 電圧指令値生成部 25 により電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* が生成されると、次に、PWM 信号生成部 24 が、電圧指令値生成部 25 から入力された電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* と、所定の周波数で振幅 $V_{dc}/2$ のキャリア信号（基準信号）とを比較し、相互の大小関係に基づき PWM 信号 U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N を生成する。

[0045] なお、上記の式 (1) ~ (3) では、単純な三角関数で電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* を求めるようにしたが、その外に二相変調や、三次高調波重畳変調、空間ベクトル変調といった手法によって電圧指令値 V_u^* , V_v^* , V_w^* を求めるようにしても構わない。

[0046] PWM 信号生成部 24 による PWM 信号の生成方法について詳しく説明する。U 相, V 相, W 相の各相に対応する PWM 信号の生成方法は同一であるため、ここでは、一例として、U 相の PWM 信号 U_P および U_N の生成方法を説明する。

[0047] 図 3 は、PWM 信号生成部 24 の一相分の信号生成方法を示す図であり、U 相の PWM 信号を生成する方法を示している。図 3 に示した三角波がキャリア信号、正弦波が電圧指令信号 V_u^* である。図 3 に示した信号生成方法は一般に非同期 PWM と称される手法に相当する。PWM 信号生成部 24 は、電圧指令信号 V_u^* と所定の周波数で振幅 $V_{dc}/2$ (V_{dc} は直流母線

電圧を示す)のキャリア信号を比較し、相互の大小関係に基づきPWM信号UPおよびUNを生成する。すなわち、キャリア信号が電圧指令値 V_u^* よりも大きいときは、UPをON、UNをOFFとし、それ以外はUPをOFF、UNをONにする。なお、キャリア信号の振幅、位相は固定とする。

[0048] 図4は、実施の形態1における8通りのスイッチングパターンを示す図である。なお、図4では、各スイッチングパターンで発生する電圧ベクトルを $V_0 \sim V_7$ としている。また、各電圧ベクトルの電圧の方向を $\pm U$ 、 $\pm V$ 、 $\pm W$ (電圧が発生しない場合には0)で表している。ここで、 $+U$ とは、U相を介してモータ8へ流入し、V相及びW相を介してモータ8から流出するU相方向の電流を発生させる電圧であり、 $-U$ とは、V相及びW相を介してモータ8へ流入し、U相を介してモータ8から流出する $-U$ 相方向の電流を発生させる電圧である。 $\pm V$ 、 $\pm W$ についても同様である。

[0049] 図4に示すスイッチングパターンを組み合わせることでインバータ部9に所望の電圧を出力させることができる。圧縮機1内の冷媒をモータ8にて圧縮する動作(通常運転モードの動作)の場合には数10〜数千Hz以下で動作することが一般的である。このときに θ_k を高速で変化させることにより、数千Hzを超える高調波電圧を出力し、圧縮機1に通電し加熱(加熱運転モード)することが可能となる。

[0050] ただし、一般的なインバータの場合、キャリア信号の周波数であるキャリア周波数はインバータのスイッチング素子のスイッチングスピードにより上限が決まっているため、搬送波であるキャリア周波数以上の高周波電圧を出力することは困難である。なお、一般的なIGBT(Insulate Gate Bipolar Transistor)の場合、スイッチングスピードの上限が20kHz程度である。また、高周波電圧の周波数がキャリア周波数の $1/10$ 程度になると、高周波電圧の波形出力精度が悪化し、直流成分が重畳するなどの悪影響を及ぼす恐れがある。すなわち、キャリア周波数を20kHzとした場合に高周波電圧の周波数をキャリア周波数の $1/10$ の2kHz以下とすると、高周波電圧の周波数は可聴周波数領域となり、騒音悪化が懸念される。そのた

め、PWM信号生成部24は、以下に示す方法でキャリア信号に同期したPWM信号を生成するようにして、騒音悪化を回避する。

[0051] 図5は、 V^* を任意の値とし、加熱指令部29が出力する高周波位相指令 θ_k として 0° と 180° を切り替える場合のPWM信号の一例を示す図である。PWM信号生成部24は、高周波位相指令 θ_k がキャリア信号（三角波）の頂もしくは底（または、頂および底）のタイミングで 0° と 180° の間で切り替えることで、キャリア信号に同期したPWM信号を生成できる。このとき、電圧ベクトルは V_0 （ $U_P = V_P = W_P = 0$ ）、 V_4 （ $U_P = 1$ 、 $V_P = W_P = 0$ ）、 V_7 （ $U_P = V_P = W_P = 1$ ）、 V_3 （ $U_P = 0$ 、 $V_P = W_P = 1$ ）、 V_0 （ $U_P = V_P = W_P = 0$ ）、…の順で変化する。

[0052] 図6は、図5に示した動作に対応する電圧ベクトル変化の説明図である。なお、図6では破線で囲まれたスイッチング素子がオン、破線で囲まれていないスイッチング素子がオフの状態であることを表している。図6に示すように V_0 ベクトル、 V_7 ベクトル印加時はモータ8の線間は短絡状態となり、電圧が出力されない。この場合、モータ8のインダクタンスに蓄えられたエネルギーが電流となって短絡回路中を流れる。また、 V_4 ベクトル印加時には、U相を介してモータ8へ流入し、V相およびW相を介してモータ8から流出するU相方向の電流（ $+I_u$ の電流）が流れ、 V_3 ベクトル印加時には、V相およびW相を介してモータ8へ流入し、U相を介してモータ8から流出する $-U$ 相方向の電流（ $-I_u$ の電流）がモータ8の巻線に流れる。つまり、 V_4 ベクトル印加時と、 V_3 ベクトル印加時とでは逆方向の電流がモータ8の巻線に流れる。そして、電圧ベクトルが V_0 、 V_4 、 V_7 、 V_3 、 V_0 、…の順で変化するため、 $+I_u$ の電流と $-I_u$ の電流とが交互にモータ8の巻線に流れることになる。特に、図6に示すように、 V_4 ベクトルと V_3 ベクトルとが1キャリア周期（ $1/f_c$ ）の間に現れるため、キャリア周波数 f_c に同期した交流電圧をモータ8の巻線に印加することが可能となる、また、 V_4 ベクトル（ $+I_u$ の電流）と V_3 ベクトル（ $-I_u$ の電流）とが交互に出力されるため、正逆のトルクが瞬時に切り替わる。そのため、トル

クが相殺されることによりロータの振動を抑えた制御が可能となる。

[0053] 次に、インバータ制御部 10 の動作について説明する。ここでは、圧縮機 1 を加熱する加熱運転モードで動作する場合におけるインバータ部 9 の制御動作について説明する。なお、ヒートポンプ装置 100 が通常運転モードで動作する場合におけるインバータ部 9 の制御動作は従来と同様であるため説明を省略する。

[0054] 図 7 は、実施の形態 1 のヒートポンプ装置 100 が備えているインバータ制御部 10 の動作例を示すフローチャートであり、加熱運転モード時の制御手順を示している。すなわち、加熱運転モード制御部 12 および駆動信号生成部 15 がインバータ部 9 の駆動信号として PWM 信号を生成する場合の制御手順を示している。

[0055] 図 8 は、圧縮機 1 が備えている温度センサ 35 a, 35 b からの出力、及び圧縮機 1 の温度変化の様子を示した図である。図 8 の上側の図は、横軸に加熱開始からの時間（経過時間） t を示し、圧縮機 1 の上部に設置されている上段サーミスタ（温度センサ 35 a）と圧縮機 1 の下部に設置されている下段サーミスタ（温度センサ 35 b）の温度を示している。図 8 の下側の図では、色の濃淡で温度を示しており色の濃いほど高い温度を示している。図 8 に示すように、圧縮機 1 は熱容量が比較的大きいため加熱前の停止状態において温度均一状態にあり、各温度センサの検出値間の差分はほぼ存在しない。しかし、圧縮機 1 ではモータ 8 が上部に設置されていることから、加熱を開始した場合には、まず、上部の温度が先行して上昇する。続いて下部の温度が追従して上昇していき、一定時間経過後に、温度センサ 35 a, 35 b の差分がまた無くなっていくことがわかる。

[0056] 本実施の形態では、このような圧縮機 1 の温度変化を使用し、冷媒量を正確に推定し適切な加熱を行う。例えば、温度センサ 35 a, 35 b の検出結果間の差分を温度差 β とし、温度センサ 35 a, 35 b により得られる初期温度（加熱運転モード開始時の温度）を T_0 とし、温度センサ 35 a, 35 b により得られる温度と初期温度 T_0 との差を γ とするとき、 β 、 γ を用いて冷

媒量を推定することができる。 β が小さく、また γ が小さい場合には、加熱運転モード開始時に近い状態であり、冷媒量が多いと判断できる。 β が大きくなるにつれて冷媒量が減少するが、ある程度加熱開始から時間が経過すると β は減少する。一方、 γ は加熱開始から時間が経過するほど増加する。図8に示すこのような関係を元に、 β 、 γ の値と冷媒量の推定量との関係を条件式やテーブル形式で保持しておき、 β 、 γ の値に対応する冷媒量の推定量を求めることができる。

[0057] また、 β 、 γ ではなく、温度センサ35a、35bが検知する温度と冷媒量の推定量との関係を条件式やテーブル形式で保持し、温度センサ35a、35bの検知結果に基づいて冷媒量の推定量を求めるようにしてもよい。さらに、冷媒量の推定という中間処理をはさまずに、温度センサ35a、35bの値とインバータ部9の出力（例えば、高周波位相指令 θ_k ）との関係を保持しておき、温度センサ35a、35bの検出結果に基づいて高周波位相指令 θ_k を直接求めるようにしてもよい。

[0058] 図7、図8を用いて本実施の形態の加熱運転モード時の制御手順の一例を説明する。インバータ制御部10の加熱運転モード制御部12は、まず、待機状態であり、加熱運転モードへの移行を判断するための情報が検出されたか否かを判断する（ステップS1）。加熱運転モードへの移行が必要か否かを判定するための情報は、例えば、周囲温度検知部31や圧縮機1の温度センサ35a、35bからの情報、及び運転指令が外部から入力されたか否かの情報などである。加熱運転モードへの移行を判断するための情報が検出された場合（ステップS1 Yes）、加熱運転モード制御部12は、取得した情報に基づいて加熱運転モードへの移行が必要か否かを判断する（ステップS2）。ステップS2では、例えば、所定の運転指令（ヒートポンプ装置100の動作開始指令）が外部から入力され、かつその時点で冷媒寝込み現象の発生が予測される場合（例えば、周囲の環境温度の傾きが閾値以上だった場合）に加熱運転モードでの動作が必要と判断する。

[0059] 加熱運転モードへの移行を判断するための情報が検出されない（加熱運転

モードでの動作が必要ない) 場合 (ステップ S 1 N o)、またステップ S 2 の判断で加熱運転モードへの移行が必要無いと判断された場合 (ステップ S 2 N o)、ステップ S 1 へ戻る。

[0060] 加熱運転モードへの移行が必要であると判断した場合 (ステップ S 2 Y e s)、モータ 8 の入出力電流および電圧を検知し、加熱運転モード開始する (ステップ S 3)。そして、駆動信号生成部 1 5 は、加熱運転モード制御部 1 2 から出力される θ_k 、 V_k に基づいて電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成して出力する (ステップ S 4)。そして、駆動信号生成部 1 5 は、電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいて PWM 信号 (UP, UN, VP, VN, WP, WN) を生成して出力し (ステップ S 5)、インバータ部 9 を制御する。なお、入出力電流および電圧とは、インバータ部 9 とモータ 8 の接続点で検出される電流および電圧 (三相分) である。

[0061] 次に、加熱運転モード制御部 1 2 の冷媒量推定部 1 4 は、温度センサ 3 5 a、3 5 b からの信号として、初期温度 T_0 を検出する (ステップ S 6)。ここでは、加熱運転モード開始時には温度センサ 3 5 a、3 5 b が示し温度は一致しているとするが、温度が異なる場合には、初期温度 T_0 として平均値を用いてもよいし、いずれか一方の温度を初期温度 T_0 としてもよい。

[0062] そして、加熱指令部 2 9 は、加熱制御モードの開始から一定時間 α の間は、加熱運転モードを維持する (ステップ S 7)。なお、例えば、加熱制御モードの開始から一定時間 α は、冷媒量の推定結果等に関わらず、加熱を実施するよう加熱指令部 2 9 に設定しておく。

[0063] 加熱制御モードの開始から一定時間 α 経過すると、冷媒量推定部 1 4 は、温度センサ 3 5 a、3 5 b (上下段サーミスタ) の検出結果間の差分である温度差 β を算出する (ステップ S 8)。そして、初期温度 T_0 との温度センサ 3 5 a、3 5 b の検出結果との差分 γ を算出し (ステップ S 9)、これら情報を基に、温度差 β が閾値以下でありかつ温度差 β が γ 以下であるかを判定する (ステップ S 1 0)。なお、差分 γ は、図 8 の例では、温度センサ 3 5 a、3 5 b のうち低い方の温度と T_0 との差としている。

- [0064] 温度差 β が閾値以下である場合は、温度センサ 35 a, 35 b の検出結果間の温度センサの差分が少ないことを示しており、図 8 の右端または、左端の時間帯にあると考えられる。また温度差 β が γ 以下である場合は一定時間以上の時間が経過しており図 8 の中央付近の時間帯、もしくは右端の時間帯にあると考えられる。これら 2 条件のうち少なくともいずれか一方を満たしていない場合は、まだ寝込み冷媒が解消されていない左端、もしくは中央の時間帯にあると考え、加熱運転（加熱運転モード）を継続する。これら 2 条件の両方を満たしている場合は、図 8 の右端の時間帯にあると判断でき、寝込み冷媒が解消されている（液面が十分に低い）と考えられる。なお、加熱運転モードでは、上述のように β と γ に基づいて θ_k を決定して制御することにより、効率的な加熱を実施することができる。
- [0065] したがって、冷媒量推定部 14 は、上記 2 条件に基づいて冷媒量（冷媒状態）の推定結果として、寝込み冷媒が解消されているか否かを加熱指令部 29 に出力し、加熱指令部 29 は、入力された推定結果に基づいて、加熱処理を加熱運転モードを継続するか否かを判断する。
- [0066] すなわち、冷媒量推定部 14 により温度差 β が閾値以下でありかつ温度差 β が γ 以下であると判断された場合（ステップ S10 Yes）、加熱指令部 29 は加熱運転を停止し（ステップ S11）、ステップ S1 へ戻る。
- [0067] 冷媒量推定部 14 により温度差 β が閾値以下でない、または温度差 β が γ 以下でないと判断された場合（ステップ S10 No）、ステップ S8 へ戻り、加熱運転を継続する。
- [0068] このように、本実施の形態のヒートポンプ装置において、インバータ制御部 10 は、圧縮機 1 が備えている温度センサ 35 a, 35 b から冷媒量を推定し推定結果および必要発熱量に基づいて電圧位相を決定し、PWM 信号を生成してインバータ部 9 を制御することとした。これにより、圧縮機 1 の冷媒量を正確に検知することができ、必要十分量のみの加熱により圧縮機 1 に滞留した液冷媒を外部に漏出可能とする。すなわち、安定的かつ効率的に圧縮機 1 を加熱することができる。

- [0069] 加えて、加熱運転モード制御部12が、可聴周波数（20～20kHz）外の高周波電圧がモータ8に印加されるようにインバータ部9を制御すると、モータ8を加熱する際の騒音を抑えることができる。
- [0070] 一般に、圧縮機動作時の運転周波数は高々1kHz程度である。そのため、1kHz以上の高周波電圧をモータ8に印加すればよい。このとき、14kHz以上の電圧をモータ8に印加すれば、モータ8の鉄心の振動音がほぼ可聴周波数上限に近づくため、騒音の低減も可能となる。たとえば、可聴周波数外の20kHz程度の高周波電圧となるようにすればよい。
- [0071] ただし、高周波電圧の周波数はスイッチング素子21a～21fの最大定格周波数を超えると素子破壊を起こし、負荷、もしくは電源短絡を起こし、発煙や発火に至る可能性があるため、高周波電圧の周波数は最大定格周波数以下に設定し信頼性を確保する。
- [0072] また、周波数10kHz、出力50Wを超える加熱機器の場合、電波法百条による制約があるため、事前に50Wを超えないように電圧指令の振幅の調整や、流れる電流を検出して50W以下となるようにフィードバックすることで、電波法を遵守した圧縮機1の加熱が可能となる。
- [0073] また、本実施の形態では、温度センサ35a、35bにより検出した温度に基づいて冷媒量を推定したが、温度センサ35a、35bの代わりに漏洩電流を測定する電流計や、抵抗値を測定するための絶縁抵抗センサや粘度を測定する粘度センサ等を圧縮機1に設置することにより液面を検知して、冷媒量を推定するようにしてもよい。
- [0074] 実施の形態2.
- 次に、本発明にかかる実施の形態2のヒートポンプ装置について説明する。なお、本実施の形態のヒートポンプ装置の構成は実施の形態1と同様である。実施の形態1と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態1と同一の符号を付して重複する説明を省略する。
- [0075] 図9は、シリコンデバイス（以下、Siデバイス）とSiCデバイスの耐圧とオン抵抗の関係を示す図である。図9を用いて実施の形態2のヒートポ

ンプ装置を説明する。本実施の形態のヒートポンプ装置は、図2に示したスイッチング素子21a～21fをシリコンカーバイドデバイス（以下、SiCデバイス）のスイッチング素子としたものである。現在、一般的には珪素（Si）を材料とする半導体を用いるのが主流である。Siデバイスと比較してSiCデバイスではバンドギャップが大きく、大幅に耐圧とオン抵抗のトレードオフを改善できることが知られている。例えば、現在のSiデバイスを使った誘導加熱調理器では冷却装置や放熱ファンが必須とされているが、ワイドバンドギャップ半導体デバイスであるSiCデバイスを用いることにより大幅に素子損失が低減可能であり、従来の冷却装置や放熱フィンの小型化または削除が可能となる。SiC以外のワイドバンドギャップ半導体としては、例えば、窒化ガリウム系材料やダイヤモンドがある。

[0076] 上記のようにスイッチング素子を従来のSiデバイスからSiCデバイスに変更することで大幅な低損失化が可能となり、冷却装置や放熱フィンの小型化、または削除が可能となり、装置自体の大幅な低コスト化ができる。また、高周波でのスイッチングが可能となることで、モータ8に更に高周波の電流を流すことが可能となり、モータ8の巻線インピーダンス増加による巻線電流低減によりインバータ部9に流入する電流を低減し、より高効率なヒートポンプ装置を得ることが可能となる。高周波化することにより人間の可聴域である16kHz以上の高周波に駆動周波数を設定することが可能となり、騒音対策がしやすいといった利点もある。

[0077] また、SiCを使用した場合、従来のSiに比べ低損失で電流を格段に多く流すことができるため、冷却フィンを小型化するなどの効果を得ることができる。本実施の形態ではSiCデバイスを例に説明したが、SiCに代えてダイヤモンドやガリウムナイトライド（GaN）などのワイドバンドギャップ半導体デバイスを用いても同様であることは、当業者にとっては明らかである。なお、インバータが備えている各スイッチング素子のダイオードのみをワイドバンドギャップ半導体としてもよい。また、複数存在しているスイッチング素子のうちの一部（少なくとも1つ）をワイドバンドギャップ半

導体で形成するようにしてもよい。一部の素子にワイドバンドギャップ半導体を適用した場合にも上述した効果を得ることができる。

[0078] また、実施の形態１および２では、スイッチング素子として主にＩＧＢＴを用いた場合を想定しているが、スイッチング素子はＩＧＢＴに限定されるものではなく、スーパージャンクション構造のパワーＭＯＳＦＥＴ（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）やその他の絶縁ゲート半導体装置、バイポーラトランジスタでも同様であることは当業者にとっては明らかである。

[0079] 実施の形態３．

図１０は、本発明にかかるヒートポンプ装置の実施の形態３の構成例を示す図である。本実施の形態では、実施の形態１、２で説明したヒートポンプ装置を空気調和機、ヒートポンプ給湯機、冷蔵庫、冷凍機等に搭載する際の構成および動作の一例について説明する。

[0080] 図１１は、図１０に示したヒートポンプ装置の冷媒の状態についてのモリエル線図である。図１１において、横軸は比エンタルピ、縦軸は冷媒圧力を示す。

[0081] 本実施の形態のヒートポンプ装置において、圧縮機５１、熱交換器５２、膨張機構５３、レシーバ５４、内部熱交換器５５、膨張機構５６および熱交換器５７は、配管により順次接続され、冷媒が循環する主冷媒回路５８を構成している。なお、主冷媒回路５８において、圧縮機５１の吐出側には、四方弁５９が設けられ、冷媒の循環方向が切り替え可能となっている。また、熱交換器５７の近傍には、ファン６０が設けられる。また、圧縮機５１は、上記実施の形態１、２で説明した圧縮機１であり、インバータ部９によって駆動されるモータ８と圧縮機構７とを有する圧縮機である（図１参照）。さらに、ヒートポンプ装置は、レシーバ５４と内部熱交換器５５との間から、圧縮機５１のインジェクションパイプまでを配管により繋ぐインジェクション回路６２を備える。インジェクション回路６２には、膨張機構６１、内部熱交換器５５が順次接続されている。熱交換器５２には、水が循環する水回

路 6 3 が接続される。なお、水回路 6 3 には、給湯器、ラジエータや床暖房等の放熱器等の水を利用する装置が接続される。

[0082] 上記構成のヒートポンプ装置の動作について説明する。まず、暖房運転時の動作について説明する。暖房運転時には、四方弁 5 9 は実線方向に設定される。なお、この暖房運転には、空調で使われる暖房だけでなく、水に熱を与えて温水を作る給湯も含む。

[0083] 圧縮機 5 1 で高温高圧となった気相冷媒（図 1 1 の点 A）は、圧縮機 5 1 から吐出され、凝縮器であり放熱器となる熱交換器 5 2 で熱交換されて液化する（図 1 1 の点 B）。このとき、冷媒から放熱された熱により、水回路 6 3 を循環する水が温められ、暖房や給湯に利用される。

[0084] 熱交換器 5 2 で液化された液相冷媒は、膨張機構 5 3 で減圧され、気液二相状態になる（図 1 1 の点 C）。膨張機構 5 3 で気液二相状態になった冷媒は、レシーバ 5 4 で圧縮機 5 1 へ吸入される冷媒と熱交換され、冷却されて液化される（図 1 1 の点 D）。レシーバ 5 4 で液化された液相冷媒は、主冷媒回路 5 8 と、インジェクション回路 6 2 とに分岐して流れる。

[0085] 主冷媒回路 5 8 を流れる液相冷媒は、インジェクション回路 6 2 を流れる冷媒（膨張機構 6 1 で減圧され気液二相状態となった冷媒）と内部熱交換器 5 5 で熱交換されて、さらに冷却される（図 1 1 の点 E）。内部熱交換器 5 5 で冷却された液相冷媒は、膨張機構 5 6 で減圧されて気液二相状態になる（図 1 1 の点 F）。膨張機構 5 6 で気液二相状態になった冷媒は、蒸発器となる熱交換器 5 7 で外気と熱交換され、加熱される（図 1 1 の点 G）。そして、熱交換器 5 7 で加熱された冷媒は、レシーバ 5 4 でさらに加熱され（図 1 1 の点 H）、圧縮機 5 1 に吸入される。

[0086] 一方、インジェクション回路 6 2 を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構 6 1 で減圧されて（図 1 1 の点 I）、内部熱交換器 5 5 で熱交換される（図 1 1 の点 J）。内部熱交換器 5 5 で熱交換された気液二相状態の冷媒（インジェクション冷媒）は、気液二相状態のまま圧縮機 5 1 のインジェクションパイプから圧縮機 5 1 内へ流入する。

[0087] 圧縮機 5 1 では、主冷媒回路 5 8 から吸入された冷媒（図 1 1 の点 H）が、中間圧まで圧縮、加熱される（図 1 1 の点 K）。中間圧まで圧縮、加熱された冷媒（図 1 1 の点 K）に、インジェクション冷媒（図 1 1 の点 J）が合流して、温度が低下する（図 1 1 の点 L）。そして、温度が低下した冷媒（図 1 1 の点 L）が、さらに圧縮、加熱され高温高圧となり、吐出される（図 1 1 の点 A）。

[0088] なお、インジェクション運転を行わない場合には、膨張機構 6 1 の開度を全閉にする。つまり、インジェクション運転を行う場合には、膨張機構 6 1 の開度が所定の開度よりも大きくなっているが、インジェクション運転を行わない際には、膨張機構 6 1 の開度を所定の開度より小さくする。これにより、圧縮機 5 1 のインジェクションパイプへ冷媒が流入しない。なお、膨張機構 6 1 の開度は、マイクロコンピュータ等を利用した電子制御により制御される。

[0089] 次に、ヒートポンプ装置 1 0 0 の冷房運転時の動作について説明する。冷房運転時には、四方弁 5 9 は破線方向に設定される。なお、この冷房運転には、空調で使われる冷房だけでなく、水から熱を奪って冷水を作ることや、冷凍等も含む。

[0090] 圧縮機 5 1 で高温高圧となった気相冷媒（図 1 1 の点 A）は、圧縮機 5 1 から吐出されると四方弁 5 9 を経由して熱交換器 5 7 側に流れていき、凝縮器であり放熱器となる熱交換器 5 7 で熱交換されて液化する（図 1 1 の点 B）。熱交換器 5 7 で液化された液相冷媒は、膨張機構 5 6 で減圧され、気液二相状態になる（図 1 1 の点 C）。膨張機構 5 6 で気液二相状態になった冷媒は、内部熱交換器 5 5 において、インジェクション回路 6 2 を流れる冷媒と熱交換され、冷却されて液化される（図 1 1 の点 D）。内部熱交換器 5 5 では、膨張機構 5 6 で気液二相状態になった冷媒と、内部熱交換器 5 5 で液化された液相冷媒を膨張機構 6 1 で減圧させて気液二相状態になった冷媒（図 1 1 の点 I）とを熱交換させている。内部熱交換器 5 5 で熱交換された液相冷媒（図 1 1 の点 D）は、主冷媒回路 5 8 と、インジェクション回路 6 2

とに分岐して流れる。

[0091] 主冷媒回路 5 8 を流れる液相冷媒は、レシーバ 5 4 で圧縮機 5 1 に吸入される冷媒と熱交換されて、さらに冷却される（図 1 1 の点 E）。レシーバ 5 4 で冷却された液相冷媒は、膨張機構 5 3 で減圧されて気液二相状態になる（図 1 1 の点 F）。膨張機構 5 3 で気液二相状態になった冷媒は、蒸発器となる熱交換器 5 2 で熱交換され、加熱される（図 1 1 の点 G）。このとき、冷媒が吸熱することにより、水回路 6 3 を循環する水が冷やされ、冷房や冷凍に利用される。そして、熱交換器 5 2 で加熱された冷媒は、四方弁 5 9 を経由してレシーバ 5 4 へ流入し、そこでさらに加熱され（図 1 1 の点 H）、圧縮機 5 1 に吸入される。

[0092] 一方、インジェクション回路 6 2 を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構 6 1 で減圧され（図 1 1 の点 I）、内部熱交換器 5 5 で熱交換される（図 1 1 の点 J）。内部熱交換器 5 5 で熱交換された気液二相状態の冷媒（インジェクション冷媒）は、気液二相状態のまま圧縮機 5 1 のインジェクションパイプから圧縮機 5 1 内へ流入する。圧縮機 5 1 内での圧縮動作については、上述した暖房運転時と同様である。

[0093] なお、インジェクション運転を行わない際には、上述した暖房運転時と同様に、膨張機構 6 1 の開度を全閉にして、圧縮機 5 1 のインジェクションパイプへ冷媒が流入しないようにする。

[0094] また、上記説明では、熱交換器 5 2 は、冷媒と、水回路 6 3 を循環する水とを熱交換させるプレート式熱交換器のような熱交換器であるとして説明した。しかし、熱交換器 5 2 は、これに限らず、冷媒と空気を熱交換させるものであってもよい。また、水回路 6 3 は、水が循環する回路ではなく、他の流体が循環する回路であってもよい。

[0095] 以上のように、実施の形態 1、2 で説明したヒートポンプ装置は、空気調和機、ヒートポンプ給湯機、冷蔵庫、冷凍機等のインバータ圧縮機を用いたヒートポンプ装置に利用することができる。

産業上の利用可能性

[0096] 以上のように、本発明にかかるヒートポンプ装置は、冷媒寝込み現象を効率的に解消させ省電力化を図るヒートポンプ装置に有用である。

符号の説明

- [0097] 1, 51 圧縮機
2, 59 四方弁
3, 5, 52, 57 熱交換器
4, 53, 56, 61 膨張機構
6 冷媒配管
7 圧縮機構
8 モータ
9 インバータ
10 インバータ制御部
11 通常運転モード制御部
12 加熱運転モード制御部
13 高周波通電部
14 冷媒量推定部
15 駆動信号生成部
21a～21f スwitchング素子
24 PWM信号生成部
25 電圧指令値生成部
27 温度検出回路部
28 冷媒量判定部
29 加熱指令部
30 冷媒量判定部（加熱運転開始時）
31 周囲温度検知部
35a, 35b 温度センサ
36 電圧センサ
54 レシーバ

- 5 5 内部熱交換器
- 5 8 主冷媒回路
- 6 0 ファン
- 6 2 インジェクション回路
- 6 3 水回路
- 1 0 0 ヒートポンプ装置

請求の範囲

- [請求項1] 冷媒を圧縮する圧縮機構と前記圧縮機構を駆動するモータとを有する圧縮機と、
前記モータを駆動する電圧を印加するインバータと、
前記インバータを駆動する駆動信号を生成するインバータ制御部と、
、
前記圧縮機の温度を検知する温度センサと、
を備え、
前記インバータ制御部は、
前記圧縮機を通常運転して冷媒を圧縮する通常運転モードと、前記モータへ前記通常運転モードより高周波数の高周波電圧を印加することにより前記圧縮機を加熱運転する加熱運転モードとを有し、前記加熱運転モードにおいて、前記温度センサにより検知された温度と予め指定された必要加熱量とに基づいて前記高周波電圧を生成するための電圧指令の振幅および位相を決定することを特徴とするヒートポンプ装置。
- [請求項2] 前記インバータ制御部は、前記インバータ制御部の前記加熱運転モードにおいて前記モータへ印加する高周波電圧の周波数、位相、振幅のうち少なくともいずれか1つを使用者からの入力により設定可能とすることを特徴とする請求項1に記載のヒートポンプ装置。
- [請求項3] 前記インバータ制御部は、予め前記温度センサにより検知される温度とインバータ出力との対応テーブルを保持しておき、前記温度センサによる検知結果と前記対応テーブルとに基づいてインバータ出力を選択することを特徴とする請求項1または2に記載のヒートポンプ装置。
- [請求項4] 前記温度センサを複数備え、
前記インバータ制御部は、
複数の前記温度センサの検知結果間の差分、及び初期温度と前記検

知結果との差分に基づいて冷媒量を推定する冷媒量推定部と、

前記冷媒量推定部により推定された冷媒量と予め指定された必要加熱量とに基づいて前記高周波電圧を生成するための電圧指令の振幅および位相を決定する高周波通電部と、

を備えることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載のヒートポンプ装置。

[請求項5] 前記インバータを構成するスイッチング素子のうち、少なくとも 1 つがワイドバンドギャップ半導体で形成されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載のヒートポンプ装置。

[請求項6] 前記インバータを構成しているスイッチング素子のダイオードのうち、少なくとも 1 つがワイドバンドギャップ半導体で形成されていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 つに記載のヒートポンプ装置。

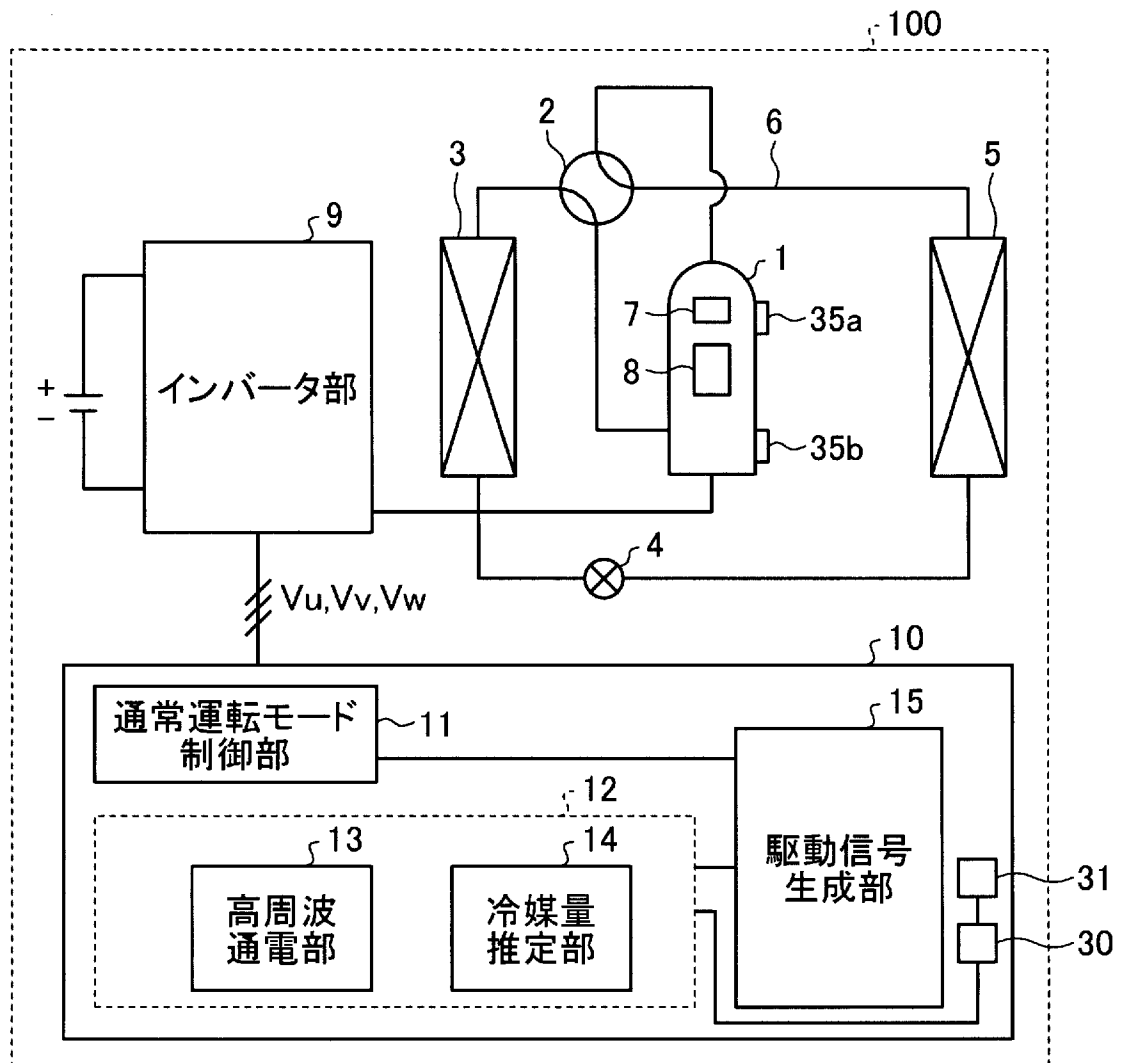
[請求項7] 前記ワイドバンドギャップ半導体は、炭化珪素、窒化ガリウム系材料又はダイヤモンドであることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のヒートポンプ装置。

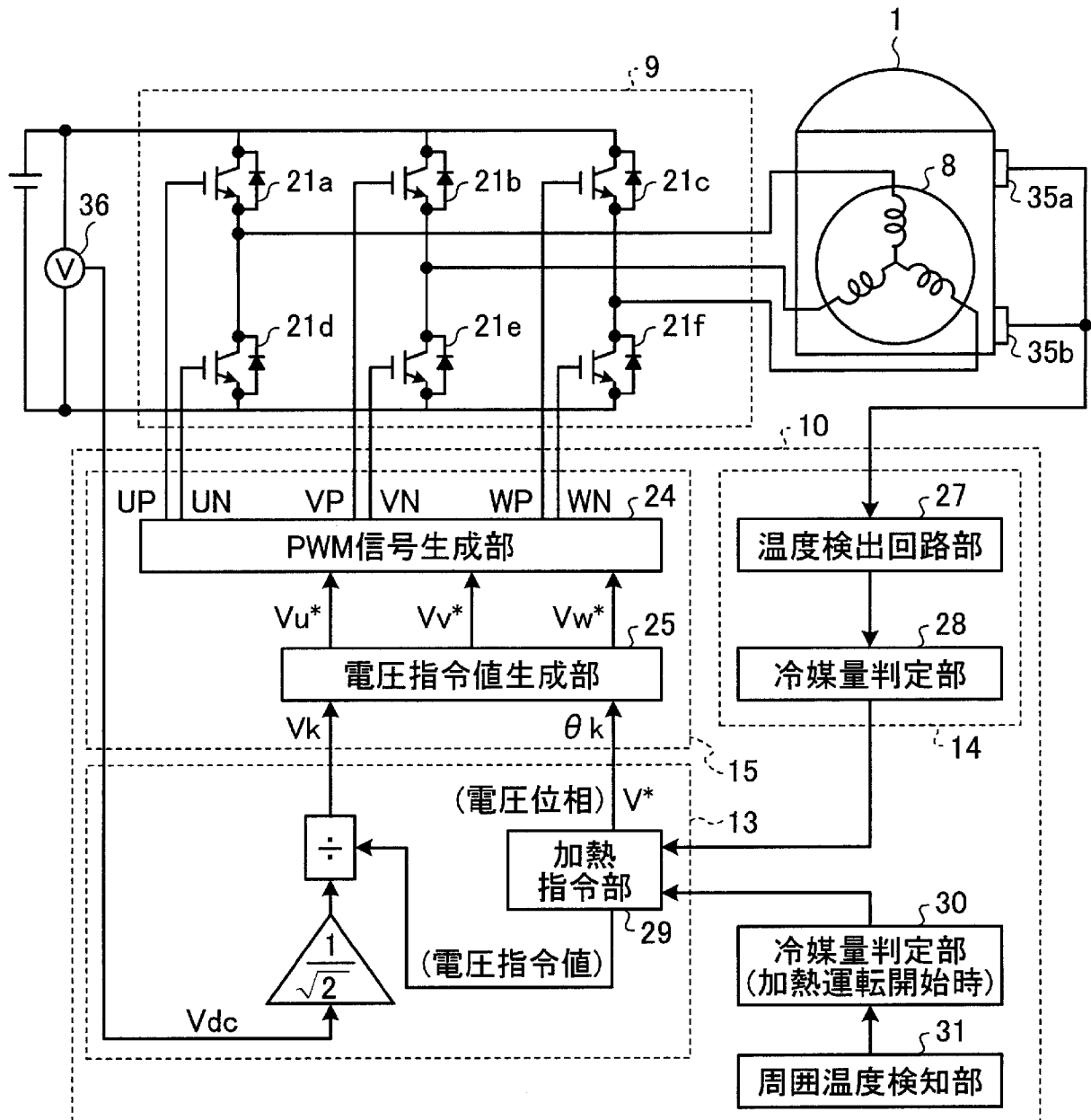
[請求項8] 前記高周波電圧の周波数が 10kHz を超える場合は、前記モータの入力電力を 50W 以下に制御することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載のヒートポンプ装置。

[請求項9] 請求項 1～8 のいずれか 1 つに記載のヒートポンプ装置を備えることを特徴とする空気調和機。

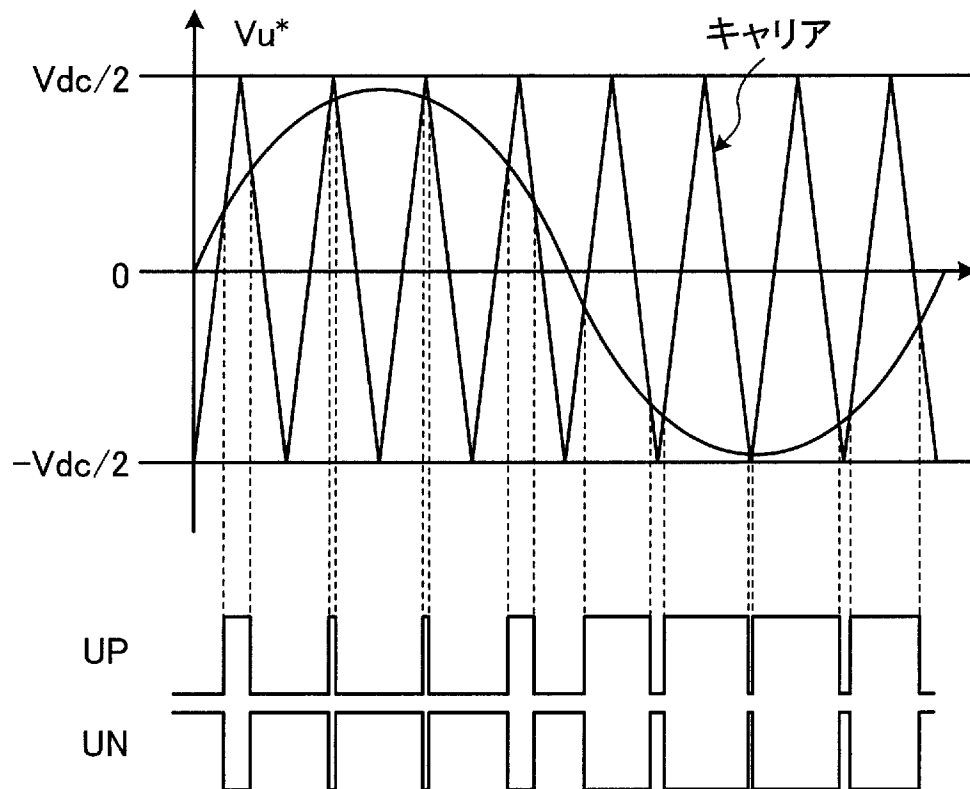
[請求項10] 請求項 1～8 のいずれか 1 つに記載のヒートポンプ装置を備えることを特徴とする冷凍機。

[図1]





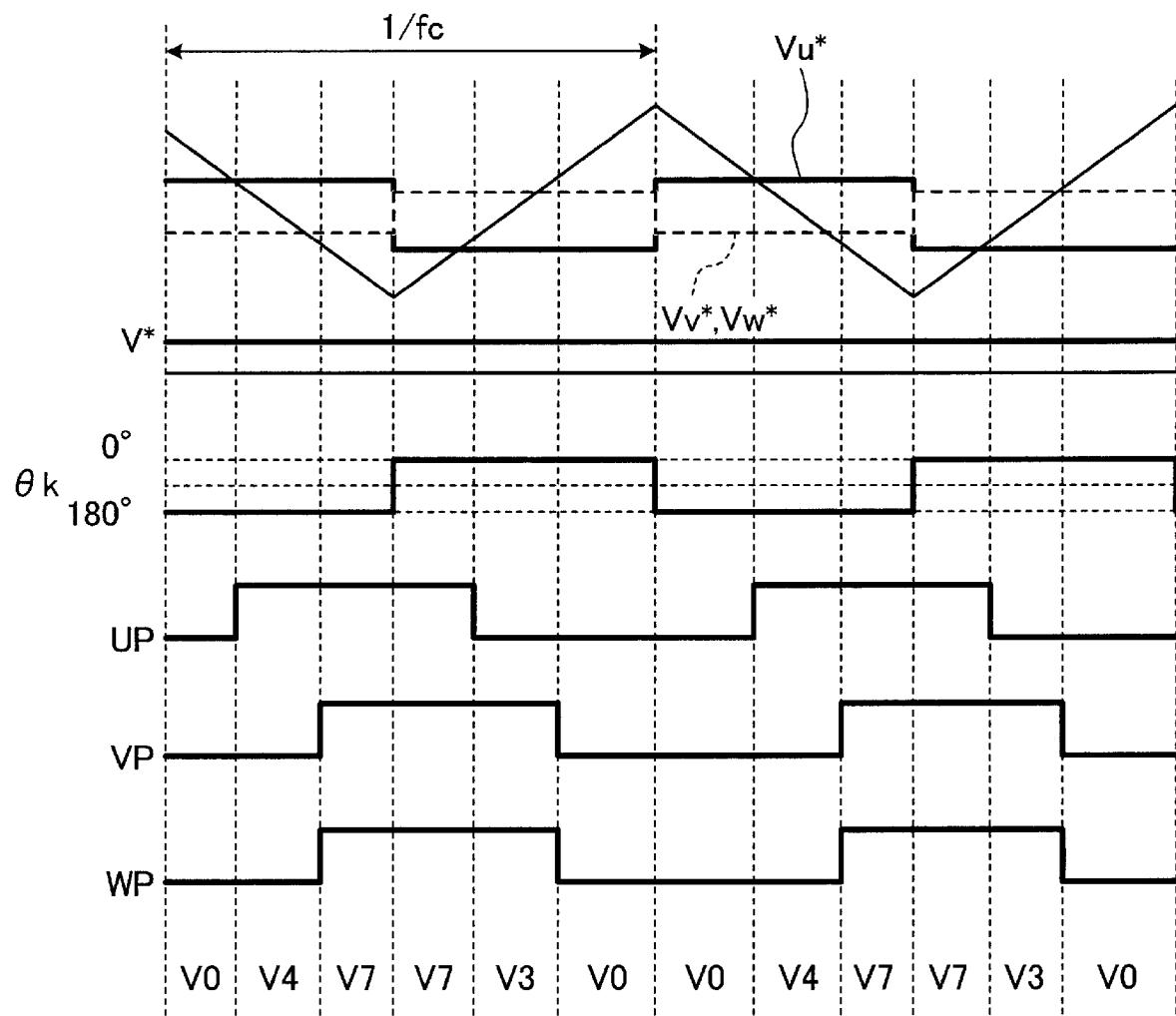
[図3]



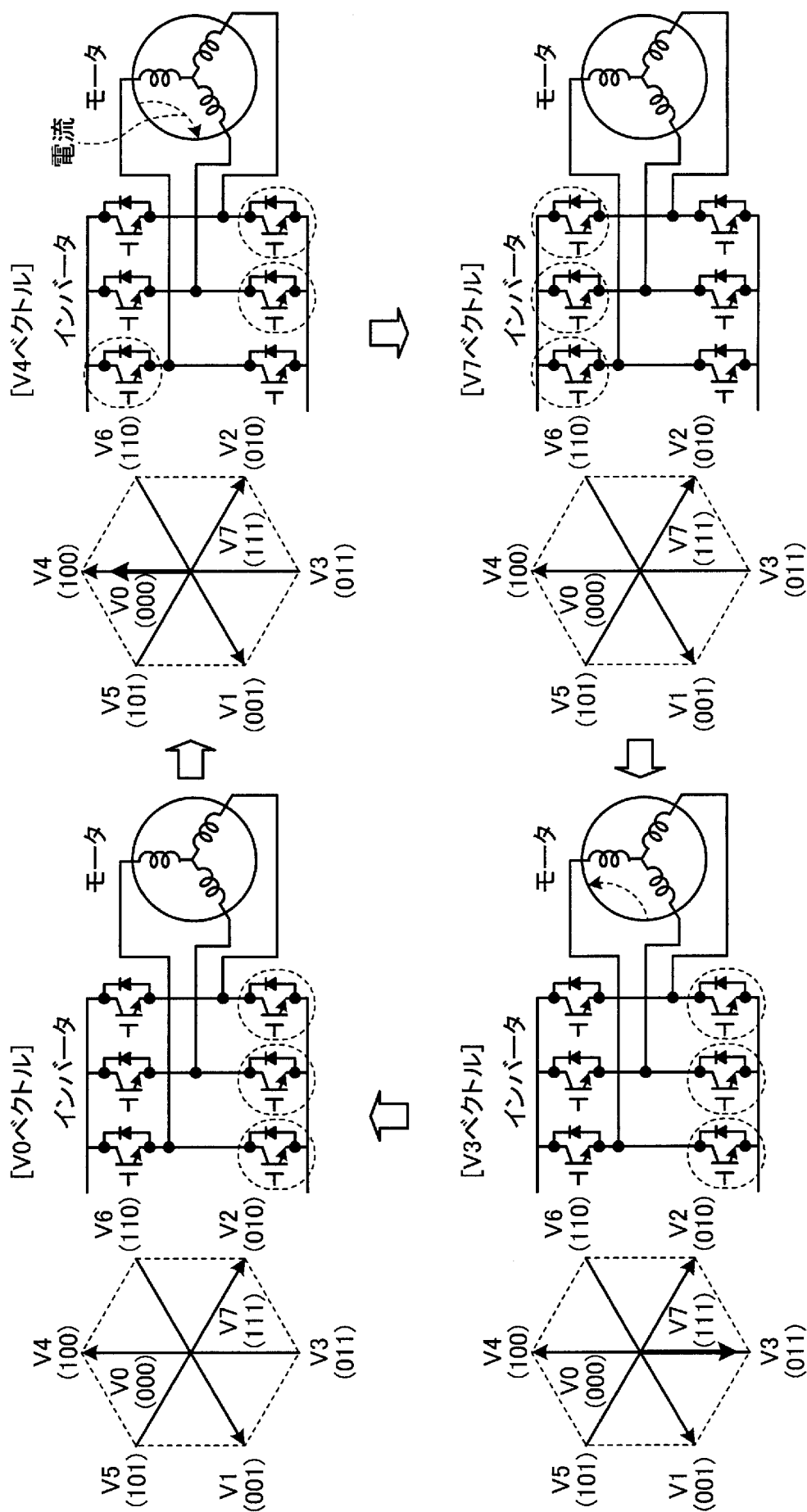
[図4]

電圧ベクトル	電圧方向	UP	VP	WP	UN	VN	WN
V0	0	0	0	0	1	1	1
V1	+W	0	0	1	1	1	0
V2	+V	0	1	0	1	0	1
V3	-U	0	1	1	1	0	0
V4	+U	1	0	0	0	1	1
V5	-V	1	0	1	0	1	0
V6	-W	1	1	0	0	0	1
V7	0	1	1	1	0	0	0

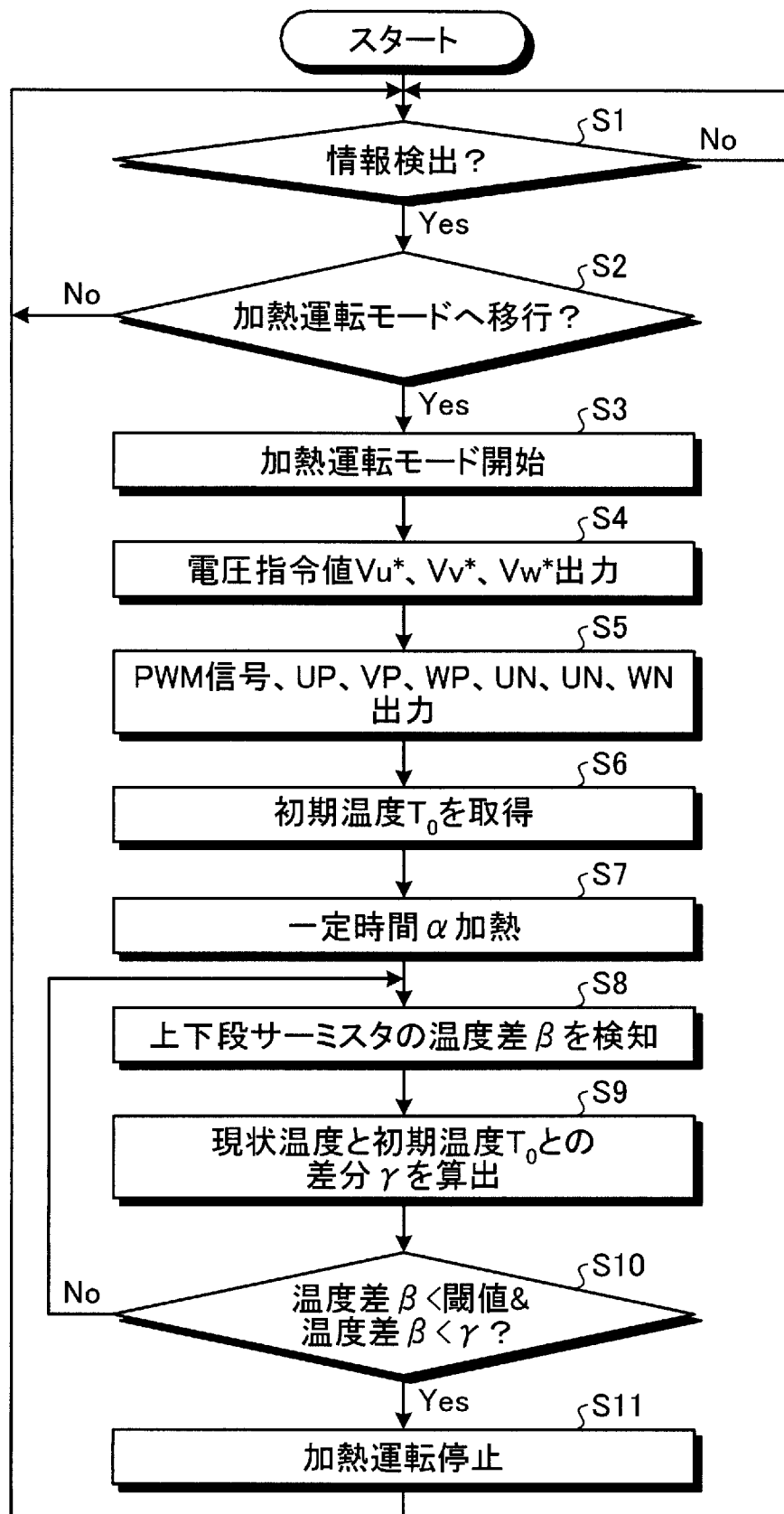
[図5]



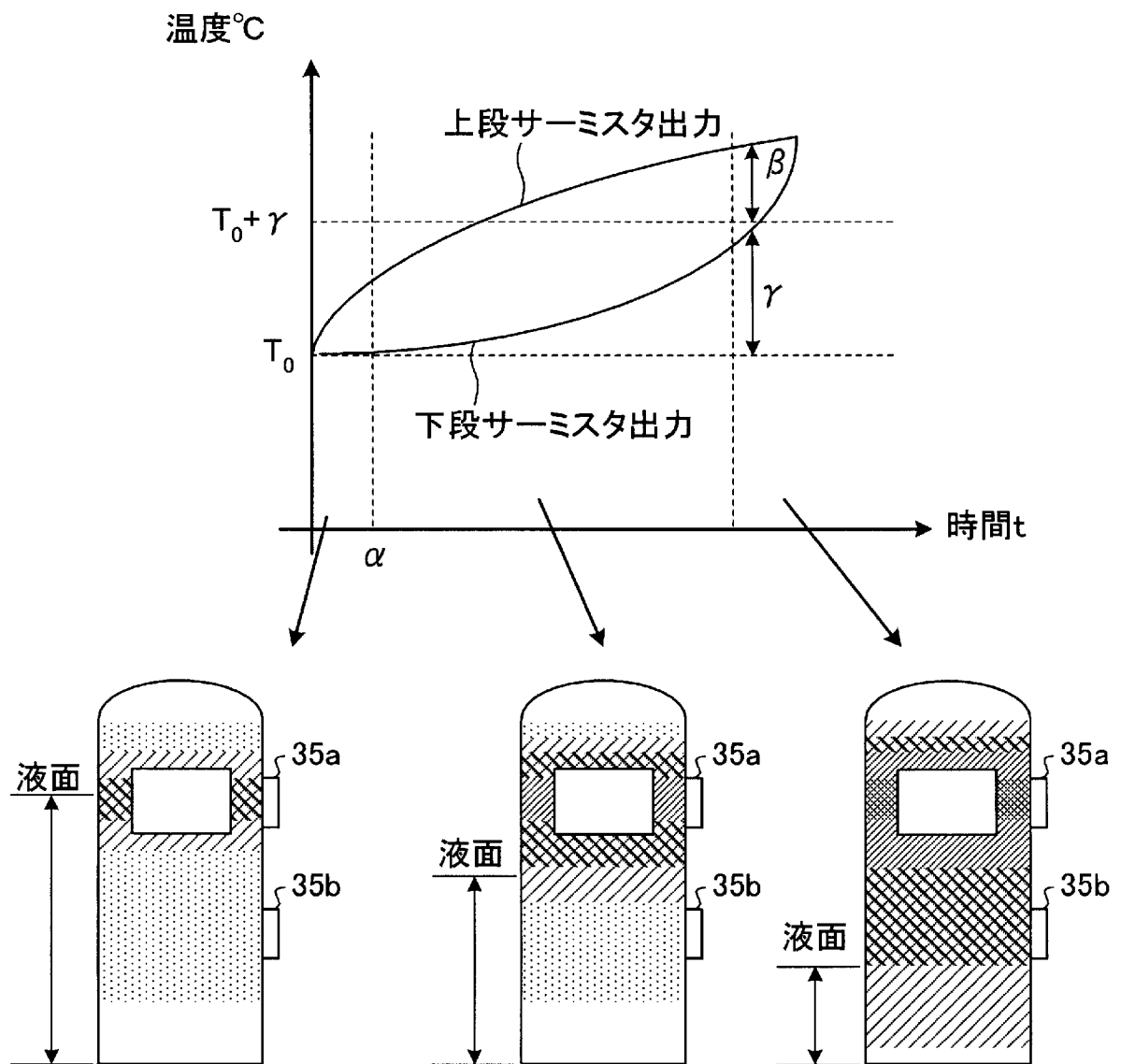
[図6]



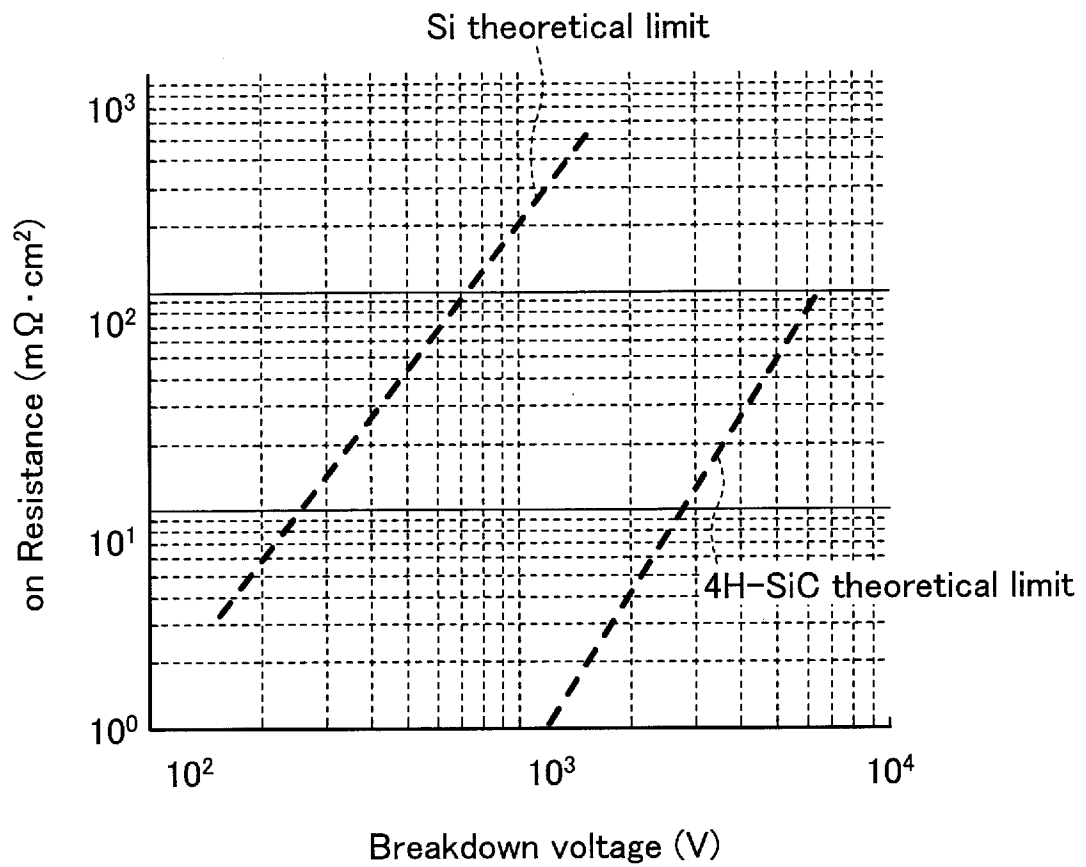
[図7]



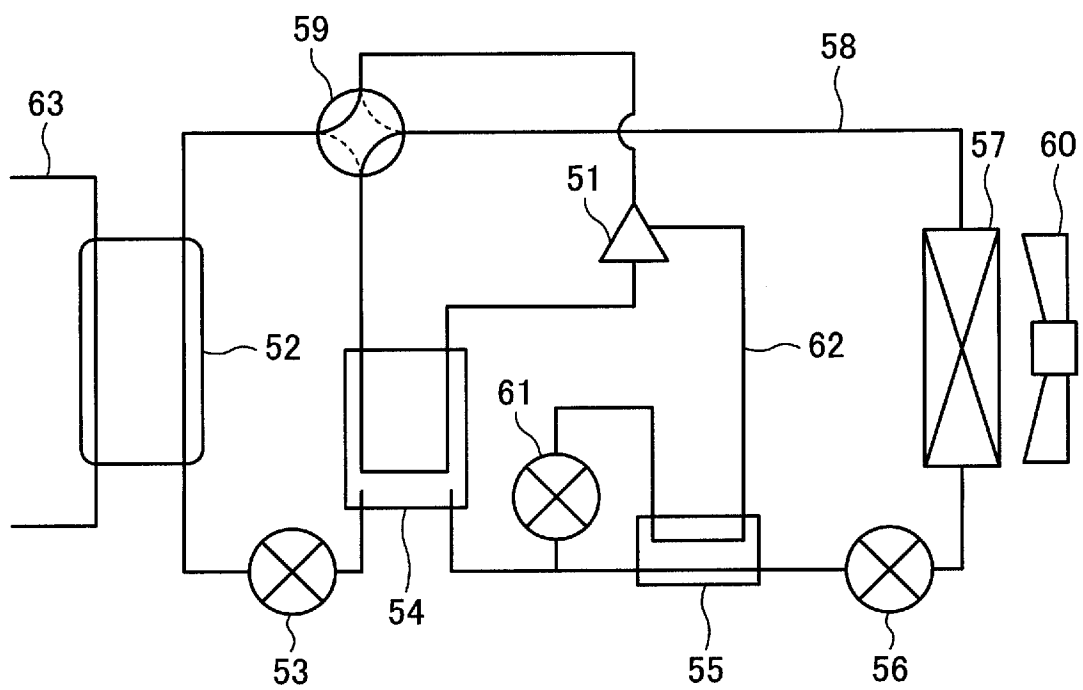
[図8]



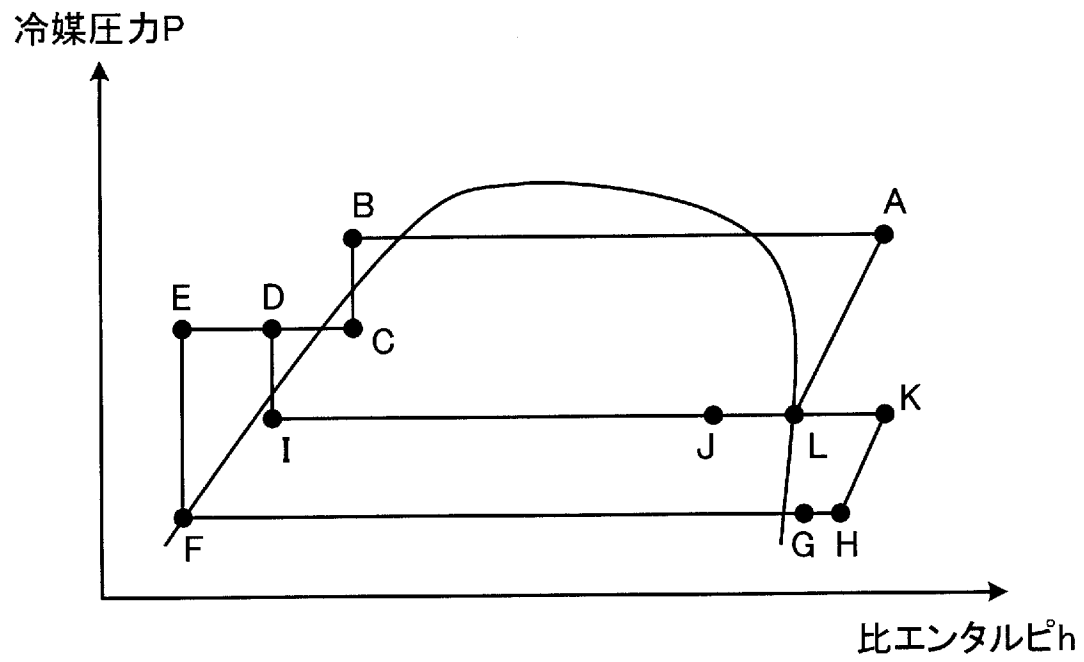
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B1/00(2006.01) i, H02M7/48(2007.01) 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, H02M7/48

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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	WO 2012/029099 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 08 March 2012 (08.03.2012), paragraphs [0016], [0020] to [0022] (Family: none)	1-10
A	WO 2011/074145 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 23 June 2011 (23.06.2011), paragraphs [0020] to [0022] (Family: none)	1-10
A	JP 2011-38689 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraph [0015] & WO 2011/018863 A1	1-10

☒ 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
16 August, 2012 (16.08.12)Date of mailing of the international search report
28 August, 2012 (28.08.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/065767

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 2012-82996 A (Mitsubishi Electric Corp.) , 26 April 2012 (26.04.2012) , paragraphs [0015] to [0016] (Family: none)	1-10

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, H02M7/48(2007.01)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, H02M7/48

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	WO 2012/029099 A1 (三菱電機株式会社) 2012.03.08, 段落[0016], [0020]-[0022] (ファミリーなし)	1-10
A	WO 2011/074145 A1 (三菱電機株式会社) 2011.06.23, 段落[0020]-[0022] (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2011-38689 A (三菱電機株式会社) 2011.02.24, 段落【0015】 & WO 2011/018863 A1	1-10

☒ 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 6 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 8 . 2 0 1 2

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)

マキロイ 寛済

3 M

4 0 3 1

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

C (続き) . 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 2012-82996 A (三菱電機株式会社) 2012. 04. 26, 段落【0 0 1 5】 －【0 0 1 6】 (ファミリーなし)	1-10