

(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  
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号  
WO 2012/107987 A1

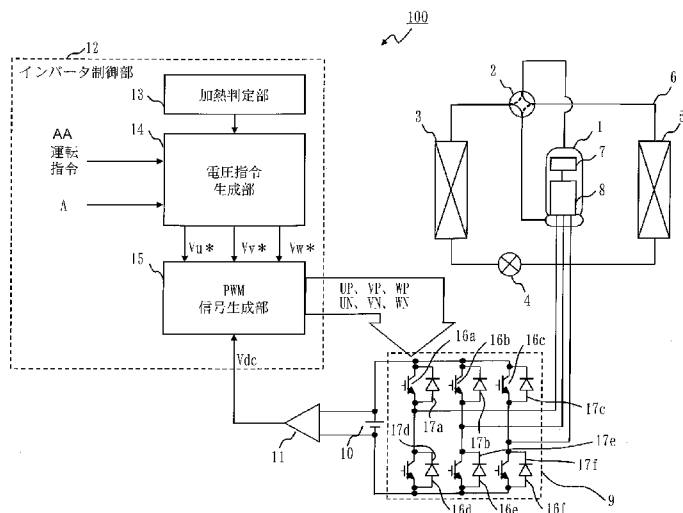
- (51) 国際特許分類:  
F25B 1/00 (2006.01) H02P 27/06 (2006.01)  
F04B 49/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/052480
- (22) 国際出願日: 2011年2月7日(07.02.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 篠本 洋介 (SHINOMOTO, Yosuke) [—/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). 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). 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).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外(SAKAI Hiroaki et al.); 〒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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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

[続葉有]

(54) Title: HEAT PUMP DEVICE, HEAT PUMP SYSTEM, AND CONTROL METHOD FOR THREE-PHASE INVERTER

(54) 発明の名称: ヒートポンプ装置、ヒートポンプシステム及び三相インバータの制御方法

図1



- 12 Inverter control unit
- 13 Heating determination unit
- 14 Voltage command generation unit
- 15 PWM signal generation unit
- AA Operation command

(57) Abstract: The objective of this invention is to efficiently heat a cooling medium that has accumulated in a compressor. An inverter control unit (12) generates six drive signals corresponding to the switching elements (16a-16f) of an inverter (9), and the generated drive signals are output to the corresponding switching elements (16a-16f) of the inverter (9), thus causing the inverter (9) to generate a high-frequency alternating current voltage. In particular, following a switching pattern A, wherein all three of the switching elements (16a-16c) or (16d-16f) on the positive voltage side or the negative voltage side of the inverter (9) are turned on, the inverter control unit (12) generates drive signals with a switching pattern B, wherein two of the three switching elements (16a-16c) or (16d-16f) are turned on and one switching element is turned off.

(57) 要約: この発明は、圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することを目的とする。インバータ制御部12は、インバータ9の各スイッチング素子16a~16fに対応する6つの駆動信号を生成し、生成した各駆動信号をインバータ9の対応するスイッチング素子16a~16fへ出力することにより、インバータ9に高周波交流電圧を発生させる。特

に、インバータ制御部12は、インバータ9の正電圧側又は負電圧側の3つのスイッチング素子16a~16c又は16d~16fの全てをオンの状態とするスイッチングパターンAの次には、前記3つのスイッチング素子16a~16c又は16d~16fのうち2つのスイッチング素子をオンの状態とし、1つのスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンBの駆動信号を生成する。



WO 2012/107987 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

## 明 細 書

### 発明の名称：

ヒートポンプ装置、ヒートポンプシステム及び三相インバータの制御方法

### 技術分野

[0001] この発明は、ヒートポンプ装置に使用される圧縮機の加熱方法に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1には、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ことが記載されている。特許文献2には、空気調和機の周囲温度が低温状態になった場合に、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ことが記載されている。

特許文献1及び特許文献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により、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している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 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

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 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い。そのため、どのような高周波の低電圧を圧縮機に供給するかがわからない。

特許文献2には、25kHzといった高周波の単相交流電源を印加することが記載されている。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。全オフ区間では、高周波電流は還流ダイオードを介してモータへ還流せず、直流電源に回生される。そのため、全オフ区間では、電流の減衰が早く、モータに効率的に高周波電流が流れないため、

圧縮機の加熱効率が悪くなってしまふ。

この発明は、圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0005] この発明に係るヒートポンプ装置は、  
冷媒を圧縮する圧縮機構を有する圧縮機と、  
前記圧縮機が有する前記圧縮機構を動作させるモータと、  
前記モータに所定の電圧を印加するインバータであつて、2つのスイッチング素子の直列接続部を3個並列に接続して構成された三相インバータと、  
前記三相インバータの各スイッチング素子に対応する6つの駆動信号を生成し、生成した各駆動信号を前記三相インバータの対応するスイッチング素子へ出力することにより、前記三相インバータに高周波交流電圧を発生させるインバータ制御部であつて、前記三相インバータの正電圧側又は負電圧側の3つのスイッチング素子の全てをオンの状態とするスイッチングパターンAの駆動信号を生成するとともに、前記スイッチングパターンAの駆動信号の次には、前記3つのスイッチング素子のうち2つ以上のスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンの駆動信号を生成することなく、前記3つのスイッチング素子のうち2つのスイッチング素子をオンの状態とし、1つのスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンBの駆動信号を生成するインバータ制御部と  
を備えることを特徴とする。

### 発明の効果

- [0006] この発明に係るヒートポンプ装置では、高周波電圧を三相インバータに印加するため、モータの鉄損と、巻き線に流れる電流により発生する銅損とによつて、圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することができる。

特に、この発明に係るヒートポンプ装置では、正電圧側の3つのスイッチング素子の全てがオンの状態から、前記正電圧側の3つのスイッチング素子のうち2つ以上のスイッチング素子が同時にオフになることなく、1つのス

スイッチング素子がオフになる。そのため、モータに電流を効率的に流すことができ、結果として圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0007] [図1]実施の形態1におけるヒートポンプ装置100の構成を示す図。  
[図2] PWM信号生成部15の入出力波形を示す図。  
[図3] 8通りのスイッチングパターンを示す図。  
[図4] インバータ制御部12の動作を示すフローチャート。  
[図5] キャリア信号の頂(山)及び底(谷)のタイミングで、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を交互に切り替えた場合のタイミングチャート。  
[図6] 図5に示す電圧ベクトルの変化の説明図。  
[図7] 図5に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合における出力電圧とモータ8に流れる電流との説明図。  
[図8] キャリア信号の頂及び底のタイミングで、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を交互に切り替えた場合における図5とは異なるタイミングチャート。  
[図9] 図8に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合における出力電圧とモータ8に流れる電流との説明図。  
[図10] インバータ9の電源部30の構成例を示す図。  
[図11] 実施の形態1に係るヒートポンプ装置100の回路構成図。  
[図12] 図11に示すヒートポンプ装置100の冷媒の状態についてのモリエル線図。

### 発明を実施するための形態

- [0008] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1におけるヒートポンプ装置100の構成を示す図である。

ヒートポンプ装置100は、圧縮機1、四方弁2、熱交換器3、膨張機構4、熱交換器5が冷媒配管6によっ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、圧縮機構 7 を動作させるモータ 8 とが設けられている。

また、モータ 8 に電圧を与え駆動させるインバータ 9 は、モータ 8 と電氣的に接続されている。インバータ 9 の直流電源 10 には、その電圧である母線電圧を検出する母線電圧検出部 11 が設けられている。インバータ 9 の制御入力端は、インバータ制御部 12 と接続されている。インバータ制御部 12 は、加熱判定部 13、電圧指令生成部 14（電圧指令選択部）、PWM 信号生成部 15（駆動信号生成部）を備える。

[0009] インバータ 9 は、2 つのスイッチング素子（16 a と 16 d、16 b と 16 e、16 c と 16 f）の直列接続回路が、三相分並列接続された三相インバータである。インバータ 9 は、インバータ制御部 12 から送られた PWM 信号 UP、VP、WP、UN、VN、WN（駆動信号）により、それぞれに対応したスイッチング素子（UP は 16 a、VP は 16 b、WP は 16 c、UN は 16 d、VN は 16 e、WN は 16 f）を駆動する。

インバータ制御部 12 は、加熱判定部 13 が圧縮機 1 内に液冷媒が滞留した状態（冷媒が寝込んだ状態）であると判断した場合に、電圧指令生成部 14 にてモータ 8 に印加する電圧の指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を求める。そして、電圧指令生成部 14 が求めた電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を元に、PWM 信号生成部 15 にて PWM 信号を生成する。

[0010] PWM 信号生成部 15 の PWM 信号の基本的な生成方法について説明する。

図 2 は、PWM 信号生成部 15 の入出力波形を示す図である。

例えば、電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を式 (1) ~ 式 (3) のように位相が  $2\pi/3$  ずつ異なる正弦波と定義する。但し、 $\theta$  は電圧指令値の位相（運転指令の一例）、 $A$  は電圧指令値の振幅である。

$$(1) V_u^* = A \cos \theta$$

$$(2) V_v^* = A \cos (\theta - (2/3) \pi)$$

$$(3) V_w^* = A \cos (\theta + (2/3) \pi)$$

電圧指令生成部 14 は、電圧位相指令  $\theta$  と振幅  $A$  とに基づき、式 (1) ~ 式 (3) により電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を計算し、計算した電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を PWM 信号生成部 15 へ出力する。PWM 信号生成部 15 は、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  $UP$ 、 $VP$ 、 $WP$ 、 $UN$ 、 $VN$ 、 $WN$  を生成する。なお、 $V_{dc}$  は、母線電圧検出部 11 にて検出される母線電圧である。

例えば、電圧指令値  $V_u^*$  がキャリア信号よりも大きい場合には、 $UP$  はスイッチング素子 16a をオンにする電圧を出力し、 $UN$  はスイッチング素子 16d をオフにする電圧を出力する。また、電圧指令値  $V_u^*$  がキャリア信号よりも小さい場合には、逆に、 $UP$  はスイッチング素子 16a をオフにする電圧を出力し、 $UN$  はスイッチング素子 16d をオンにする電圧を出力する。他の信号についても同様であり、電圧指令値  $V_v^*$  とキャリア信号との比較により  $VP$ 、 $VN$  が決定され、電圧指令値  $V_w^*$  とキャリア信号との比較により  $WP$ 、 $WN$  が決定される。

一般的なインバータの場合、相補 PWM 方式を採用しているため、 $UP$  と  $UN$ 、 $VP$  と  $VN$ 、 $WP$  と  $WN$  は互いに逆の関係となる。そのため、スイッチングパターンは全部で 8 通りとなり、8 通りの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は電圧を出力する。

[0011] 図 3 は、8 通りのスイッチングパターンを示す図である。なお、図 3 では、各スイッチングパターンで発生する電圧ベクトルに  $V_0 \sim V_7$  の符号を付している。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。 $\pm V$ 、 $\pm W$  についても同様の解釈である。

図 3 に示すスイッチングパターンを組み合わせることで電圧ベクトルを出力する

ことでインバータ9に所望の電圧を出力させることができる。このときに位相 $\theta$ を高速で変化させ、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を定義する変調波（図2では3つの正弦波）の周波数を高くすることにより、高周波の電圧を出力することが可能となる。

なお、電圧が発生しない電圧ベクトル $V_0$ 、 $V_7$ をゼロベクトルと呼び、他の電圧ベクトルを実ベクトルと呼ぶ。

[0012] 式(1)～式(3)以外にも二相変調や、三次高調波重畳変調、空間ベクトル変調等により電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を求めてもよい。

[0013] 次に、インバータ制御部12の動作について説明する。

図4は、インバータ制御部12の動作を示すフローチャートである。

(S1：加熱判断ステップ)

加熱判定部13は、圧縮機1の運転停止中に、圧縮機1内に冷媒が滞留したか否かにより、電圧指令生成部14を動作させるかを判断する。

圧縮機1内に冷媒が滞留したため電圧指令生成部14を動作させると加熱判定部13が判断した場合(S1でYES)、処理をS2へ進め、予熱用のPWM信号を発生させる加熱運転モードへ移行する。一方、圧縮機1内に冷媒が滞留していないため電圧指令生成部14を動作させないと加熱判定部13が判断した場合(S1でNO)、所定時間経過後に、再び電圧指令生成部14を動作させるかを判断する。

(S2：電圧指令値生成ステップ)

電圧指令生成部14は、電圧位相指令 $\theta$ と振幅 $A$ とに基づき、式(1)～式(3)により電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を計算し、計算した電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をPWM信号生成部15へ出力する。

(S3：PWM信号生成ステップ)

PWM信号生成部15は、電圧指令生成部14が出力した電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をキャリア信号と比較して、PWM信号UP、VP、WP、UN、VN、WNを得て、インバータ9へ出力する。これにより、インバータ9のスイッチング素子17a～17fを駆動してモータ8に高周波電

圧を印加する。

モータ 8 に高周波電圧を印加することにより、モータ 8 の鉄損と、巻線に流れる電流にて発生する銅損とで効率よくモータ 8 が加熱される。モータ 8 が加熱されることにより、圧縮機 1 内に滞留する液冷媒が加熱されて気化し、圧縮機 1 の外部へと漏出する。

所定の時間経過後、再び S 1 へ戻りさらに加熱が必要かを判定する。

[0014] なお、圧縮動作時（圧縮運転モード）の運転周波数以上の高周波電圧をモータ 8 に印加すれば、モータ 8 内のロータが周波数に追従できなくなり、回転や振動が発生することが無くなる。一般に、圧縮動作時の運転周波数は、高々 1 kHz である。そのため、1 kHz 以上の高周波電圧をモータ 8 に印加すればよい。さらに、14 kHz 以上の高周波電圧をモータ 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、騒音の低減にも効果がある。

[0015] ここで、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。そのため、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 (Insulated Gate Bipolar Transistor) の場合、スイッチングスピードの上限は 20 kHz 程度である。

また、電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を定義する変調波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悪影響を及ぼす虞がある。この点を考慮し、キャリア周波数を 20 kHz とした場合に、変調波の周波数をキャリア周波数の  $1/10$  の 2 kHz 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。

[0016] そこで、加熱運転モードでは、電圧指令生成部 14 は、図 2 に基づき説明した方法により電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を計算するのではなく、キャリア信号に同期させて電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  を  $H_i$  (ここ

では、 $+A$ )と $L_o$  (ここでは、 $-A$ )とに交互に切り替える。

図5は、キャリア信号の頂(山)及び底(谷)のタイミングで、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を交互に切り替えた場合のタイミングチャートである。なお、図5では、キャリア信号の底から頂までの区間(以下、前半と呼ぶ)で、電圧指令値 $V_u^*$ を $L_o$ 、電圧指令値 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を $H_i$ とし、キャリア信号の頂から底までの区間(以下、後半と呼ぶ)で、電圧指令値 $V_u^*$ を $H_i$ 、電圧指令値 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を $L_o$ としている。また、 $UP$ と $UN$ 、 $VP$ と $VN$ 、 $WP$ と $WN$ はそれぞれオン/オフ状態が逆であり、一方がわかれば他方もわかるため、ここでは $UP$ 、 $VP$ 、 $WP$ のみを示している。

図5に示す電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をキャリア信号と比較すると、図5に示すようにPWM信号が変化する。そして、電圧ベクトルは、 $V_0$  ( $UP=VP=WP=0$ )、 $V_4$  ( $UP=1$ 、 $VP=WP=0$ )、 $V_7$  ( $UP=VP=WP=1$ )、 $V_3$  ( $UP=0$ 、 $VP=WP=1$ )、 $V_0$  ( $UP=VP=WP=0$ )、・・・の順で変化する。

[0017] 図6は、図5に示す電圧ベクトルの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16がオン、破線で囲まれていないスイッチング素子16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の線間が短絡状態となり、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。つまり、インバータ9のスイッチング素子16a~16fの逆並列に接続されたダイオード17により、モータ8とインバータ9とを循環する還流電流が流れる。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( $+I_u$ の電流)が流れ、 $V_3$ ベクトル印加時には、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( $-I_u$ 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  $V_0$ 、 $V_4$ 、 $V_7$ 、 $V_3$ 、 $V_0$ 、 $\dots$  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 5 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電圧の印加が可能となる。

[0018] 図 7 は、図 5 に示す PWM 信号でインバータ 9 を動作させた場合における出力電圧とモータ 8 に流れる電流との説明図である。

図 7 に示すように、モータ 8 に流れる電流は、電圧ベクトル  $V_4$  の時に増加し、電圧ベクトル  $V_3$  の時に減少する。また、ゼロベクトルである電圧ベクトル  $V_0$ 、 $V_7$  の時は、上述したように、インバータ 9 のスイッチング素子  $16a \sim 16f$  の逆並列に接続されたダイオード 17 により、モータ 8 とインバータ 9 とを循環する還流電流が流れる。

[0019] なお、スイッチング素子全てをオフにすると、上述した還流電流は流れることができず、逆並列に接続されたダイオードのみに電流が流れ、直流電源 10 へ電流が流れ込む回生モードとなる。直流電源 10 は、電荷を蓄積するコンデンサで構成されることが一般的であるため、回生モードの場合、モータ 8 に流れている電流は急峻に減衰する。そのため、スイッチング素子  $16a \sim 16f$  をオンする時間を長くする必要がある。スイッチング素子  $16a \sim 16f$  に、ダイオードよりオン電圧 (閾値電圧) の高い IGBT などを利用している場合、スイッチング素子  $16a \sim 16f$  をオンする時間を長くすると、電流が流れることで発生する通流損などが増加してしまう。

[0020] 実施の形態 1 に係るヒートポンプ装置 100 では、スイッチング素子全てをオフにせず、ゼロベクトルという電流がモータ 8 を還流する状態を利用することにより、圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することができる。

[0021] 図8は、キャリア信号の頂及び底のタイミングで、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を交互に切り替えた場合における図5とは異なるタイミングチャートである。図5と図8との違いは、キャリア周波数の位相と電圧指令（ $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ ）の位相との関係が反転している点である。つまり、図8では、キャリア信号の前半で、電圧指令値 $V_u^*$ をHi、電圧指令値 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をLoとし、キャリア信号の後半で、電圧指令値 $V_u^*$ をLo、電圧指令値 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をHiとしている。

図8に示す電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ をキャリア信号と比較すると、図8に示すようにPWM信号が変化する。そして、電圧ベクトルは、 $V_0$ （ $U_P=V_P=W_P=0$ ）、 $V_3$ （ $U_P=0$ 、 $V_P=W_P=1$ ）、 $V_7$ （ $U_P=V_P=W_P=1$ ）、 $V_4$ （ $U_P=1$ 、 $V_P=W_P=0$ ）、 $V_0$ （ $U_P=V_P=W_P=0$ ）・・・の順で変化する。

つまり、図5では、図6に示す電圧ベクトルが $V_0$ から時計回りに変化していた。これに対して、図8では、図6に示す電圧ベクトルが $V_0$ から反時計回りに変化する。

[0022] 図9は、図8に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合における出力電圧とモータ8に流れる電流との説明図である。なお、図9において、破線は、図7に示す（つまり、図5に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合における）出力電圧とモータ8に流れる電流とを示す。

図9に示すように、実ベクトルである電圧ベクトル $V_3$ 、 $V_4$ にて電流が反転して交流の高周波電流が生成される。しかし、図8に示す位相関係の場合は、図5に示す位相関係の場合に比べて、出力電圧の立ち上りが遅く、電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ に対し出力電圧が低くなる現象が発生する。その結果、モータ8に流れる電流の極性変化が遅れ、モータ8に流れる電流量が、図5に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合と比較して少なくなる（破線参照）。

したがって、図8に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合、図5に示すPWM信号でインバータ9を動作させた場合に比べて、モータ8を

予熱する電力が小さくなり、同じ電圧指令値  $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$  にも拘らず予熱量が減少してしまう。

[0023] 図 8 に示す PWM 信号でインバータ 9 を動作させた場合、出力電圧の立ち上りが遅くなる理由について説明する。

図 8 に示す PWM 信号でインバータ 9 を動作させた場合、電圧ベクトルは、 $V_0$ 、 $V_3$ 、 $V_7$ 、 $V_4$ 、 $V_0$ 、 $\dots$  と順に変化する。この電圧ベクトルの軌跡においては、 $V_0$  から  $V_3$  へ変化する場合と、 $V_7$  から  $V_4$  へ変化する場合とにおいて、正電圧側又は負電圧側の 2 相分のスイッチング素子が同時に変化する 2 相スイッチングが発生している（図 6 参照）。つまり、ゼロベクトルから実ベクトルへ変化する場合において、2 相スイッチングが発生している。

図 5 に示す PWM 信号でインバータ 9 を動作させた場合でも 2 相スイッチングは発生している。しかし、図 5 に示す PWM 信号でインバータ 9 を動作させた場合、電圧ベクトルは、 $V_0$ 、 $V_4$ 、 $V_7$ 、 $V_3$ 、 $V_0$ 、 $\dots$  と順に変化する。そのため、2 相スイッチングが発生するのは、 $V_4$  から  $V_7$  へ変化する場合と、 $V_3$  から  $V_0$  へ変化する場合とである（図 6 参照）。つまり、実ベクトルからゼロベクトルへ変化する場合において、2 相スイッチングが発生している。

2 相スイッチングが発生した場合、スイッチング素子 16 を構成するアームが 2 つ同時に変化する。例えば、 $V_0$  から  $V_3$  へ変化する場合、 $V_P = W_P = 0$  が  $V_P = W_P = 1$  に変化する。すなわち、スイッチング素子 16 e、16 f がオンからオフになり、スイッチング素子 16 b、16 c がオフからオンなる。

[0024] ゼロベクトル出力時は、電流の変化は、モータ 8 のインピーダンス消費による減衰だけであるため、時間当たりの電流の変化の大きさを示す電流時間変化率  $d i / d t$  は小さい。一方、実ベクトル出力時は、電流の極性を変化させており、電流時間変化率  $d i / d t$  は大きい。

ここで、2 相スイッチングが発生すると電流時間変化率  $d i / d t$  が小さ

くなる場合がある。

実ベクトルからゼロベクトルに変化する場合、電流時間変化率  $d i / d t$  が大きい状態から小さい状態に変化する。この場合、2相スイッチングが発生して電流時間変化率  $d i / d t$  が小さくなったとしても、もともと電流時間変化率  $d i / d t$  が小さい状態に変化する場合であるため、影響は少ない。しかし、ゼロベクトルから実ベクトルに変化する場合は、電流時間変化率  $d i / d t$  が小さい状態から大きい状態に変化する場合である。この場合、2相スイッチングが発生して電流時間変化率  $d i / d t$  が小さくなると、電流時間変化率  $d i / d t$  を大きい状態に変化させようとしているにも関わらず、電流時間変化率  $d i / d t$  が小さくなってしまうため、影響が大きい。つまり、電流を大きく変化させる状態に変化させようとしているにも関わらず、電流を大きく変化させることができなくなってしまうこの影響により、モータ 8 電流の極性変化が遅れる。

そのため、ゼロベクトルから実ベクトルに変化する場合に2相スイッチングが発生すると、モータ 8 に流れる電流の極性変化が遅れてしまう。

[0025] また、高周波電圧を印加することで、モータ 8 のインダクタンス成分が大きくなり、巻線インピーダンスが高くなるため、巻線に流れる電流が少なくなり、インバータ 9 に流れる電流も少なくなる。ここで、2相スイッチングが発生する場合、モータ 8 に流れる電流は、2つのスイッチング素子に分流して流れていたものが同時オフして、逆並列に接続されたダイオード 17 へ転流することになる。しかし、上述したように、インバータ 9 に流れる電流が少ないため、スイッチング素子 16 をオフした時のテールが発生し、電流が 0 になるまでに時間がかかる。そのため、2相スイッチングが発生すると、出力電圧の立ち上がりが遅くなり、モータ 8 に流れる電流の極性変化が遅れてしまう。

[0026] そこで、電圧指令生成部 14 は、ゼロベクトルから実ベクトルに変化する場合に、2相スイッチングが発生するような電圧指令値を生成せず、実ベクトルからゼロベクトルへの変化する場合のみ、2相スイッチングが発生する

ような電圧指令値を生成する。

これにより、スイッチング素子16のオンオフ切替えによる電流の転流をスムーズに行うことができる。その結果、出力電圧の立ち上りの遅れが抑制でき、電圧指令値通りの出力電圧が得られ、予熱量を確保できる。

なお、インバータ9には一般的にTdと呼ばれる上下アーム短絡防止時間が設定されている。Td期間中は、スイッチング素子全てがオフとなり、還流電流が流れる。そのため、Td期間中は、ゼロベクトル時より電流減衰が早く、図9に基づき説明した出力電圧歪みが発生し易い。したがって、Tdを有するインバータを用いた場合、ゼロベクトルから実ベクトルに変化する場合に、2相スイッチングが発生するような電圧指令値を生成しないことによる効果が顕著に現れる。

[0027] 以上のように、実施の形態1に係るヒートポンプ装置100は、高周波電圧をモータ8に印加することで、モータの鉄損と、巻き線に流れる電流により発生する銅損とによって、圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することができる。特に、ゼロベクトルから実ベクトルへ変化する場合における2相スイッチングが発生するような電圧指令値の生成を禁止しているため、モータに電流を効率的に流すことができ、結果として圧縮機内に滞留した冷媒を効率よく加熱することができる。

また、高周波電圧をモータ8に印加しているため、回転トルクや振動が発生することがない。

[0028] なお、近年のヒートポンプ装置用の圧縮機のモータには高効率化のためIPM (Interior Permanent Magnet) 構造のモータや、コイルエンドが小さく巻線抵抗の低い集中巻きモータが広く用いられる。集中巻きモータは、巻線抵抗が小さく銅損による発熱量が少ないため、巻線に多量の電流を流す必要がある。巻線に多量の電流を流すと、インバータ9に流れる電流も多くなり、インバータ損失が大きくなる。

そこで、上述した高周波電圧印加による加熱を行うと、高周波数によるインダクタンス成分が大きくなり、巻線インピーダンスが高くなる。そのため

、巻線に流れる電流が小さくなり銅損は減るものの、その分高周波電圧印加による鉄損が発生し効果的に加熱することができる。さらに、巻線に流れる電流が小さくなるため、インバータに流れる電流も小さくなり、インバータ 9 の損失も低減でき、より効率の高い加熱が可能となる。

また、上述した高周波電圧印加による加熱を行うと、圧縮機が I P M 構造のモータである場合、高周波磁束が鎖交するロータ表面も発熱部となる。そのため、冷媒接触面増加や圧縮機構への速やかな加熱が実現されるため効率の良い冷媒の加熱が可能となる。

[0029] また、圧縮運転モードにおける直流電圧より、加熱モードにおける直流電圧を低くしてもよい。これにより、高周波によるスイッチング損失を低減できる。

図 10 は、インバータ 9 の電源部 30 の構成例を示す図である。なお、図 1 では、電源部 30 を直流電源 10 として示していた。

電源部 30 は、三相四線式の交流電源 31 と、交流電源 31 の三相交流出力を整流する三相整流器 32（第 1 整流器）と、D C L 33 と、三相整流器 32 の出力を平滑する平滑コンデンサ 34 と、A C L 35 と、交流電源 31 のいずれか一相と中性点との出力を入力として整流する单相整流器 36（第 2 整流器）と、单相整流器 36 の出力を平滑する平滑コンデンサ 37 と、平滑コンデンサ 34 と平滑コンデンサ 37 とのいずれからインバータ 9 へ電圧を出力するかを切り替える切替部 38 とを備える。

[0030] 交流電源 31 は、三相四線式であるため、平滑コンデンサ 34 と平滑コンデンサ 37 の両端電圧は異なる。平滑コンデンサ 37 の両端電圧は、平滑コンデンサ 34 の両端電圧の  $1/\sqrt{3}$  倍である。

圧縮運転モードでは、平滑コンデンサ 34 の両端電圧を用いてインバータ 9 を駆動する。しかし、加熱運転モードでは、平滑コンデンサ 34 の両端電圧を用いてインバータ 9 を駆動すると、高周波化によりモータ 8 のインダクタンス成分によって電流が低減して電流が流れることによる導通損失は低減できるが、スイッチング損失自体は増加してしまう。なお、スイッチング損

失はインバータ 9 の入力電圧に依存する。

そこで、加熱運転モードでは、平滑コンデンサ 3 4 の両端電圧ではなく、平滑コンデンサ 3 7 の両端電圧を用いてインバータ 9 を駆動する。つまり、圧縮運転モードにおいては、平滑コンデンサ 3 4 からインバータ 9 へ電圧を出力し、加熱運転モードにおいては、平滑コンデンサ 3 7 からインバータ 9 へ電圧を出力するように切替部 3 8 を切り替える。上述したように、平滑コンデンサ 3 7 の両端電圧は、平滑コンデンサ 3 4 の両端電圧の  $1/\sqrt{3}$  倍である。したがって、圧縮運転モード時よりも、加熱運転モード時におけるインバータ 9 の入力電圧を低下させることができ、スイッチング損失を低減することができる。

[0031] これにより、加熱運転モードにおけるインバータ 9 におけるスイッチング損失を低減でき、インバータ 9 の効率を向上させ、消費電力を低減できる。また、電圧が低下したことによりスイッチングノイズも低減でき、ノイズ対策を安価に実現できる。

[0032] もちろん、図 1 0 に基づき説明した方法ではなく、他の方法により圧縮運転モードにおける電圧よりも加熱運転モードにおける直流電圧を低下させてもよい。

[0033] また、インバータ 9 を構成するスイッチング素子 1 6 a ~ 1 6 f と、これに並列に接続されたダイオード 1 7 a ~ 1 7 f には、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。しかし、これに代えて、炭化珪素 (SiC) や窒化ガリウム (GaN)、ダイヤモンドを材料とするワイドバンドギャップ半導体を用いても良い。

このようなワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッチング素子やダイオード素子は、耐電圧性が高く、許容電流密度も高い。そのため、スイッチング素子やダイオード素子の小型化が可能であり、これら小型化されたスイッチング素子やダイオード素子を用いることにより、これらの素子を組み込んだ半導体モジュールの小型化が可能となる。

また、このようなワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッ

チング素子やダイオード素子は、耐熱性も高い。そのため、ヒートシンクの放熱フィンの小型化や、水冷部の空冷化が可能であるので、半導体モジュールの一層の小型化が可能になる。

さらに、このようなワイドバンドギャップ半導体によって形成されたスイッチング素子やダイオード素子は、電力損失が低い。そのため、スイッチング素子やダイオード素子の高効率化が可能であり、延いては半導体モジュールの高効率化が可能になる。

[0034] なお、スイッチング素子 16 a ~ 16 f 及びダイオード 17 a ~ 17 f の両方がワイドバンドギャップ半導体によって形成されていることが望ましいが、いずれか一方の素子がワイドバンドギャップ半導体によって形成されていてもよい。

また、上側スイッチング素子 16 a ~ 16 c もしくは下側スイッチング素子 16 d ~ 16 f だけをワイドバンドギャップ半導体で構成してもよい。この場合、ゼロベクトルとなる電圧ベクトルをワイドバンドギャップ半導体で構成した側に合わせて配置することにより、電流が流れることにより発生する通流損失を低減することができる。

また、スイッチング素子 16 a ~ 16 f と逆並列に接続されているダイオード 17 のみワイドバンドギャップ半導体で構成してもよい。これは、還流電流がモータ 8 のインピーダンスだけで流れるためである。特に、還流電流が流れる時間が長くなるような電圧指令値の低い場合に効果が大きい。

[0035] また、ワイドバンドギャップ半導体を用いた場合、耐熱性が向上するため、加熱運転モードにおける高周波電圧の印加時には、空冷のためのファンモータを停止してもよい。特に、モータ 8 の運転停止時に冷媒が圧縮機 1 に滞留することを防止するための予熱通電を行うため、運転停止時（運転待機時）の消費電力をファンモータ駆動分だけさらに削減できる。これにより、一層の待機電力削減が実現できる。

[0036] その他、高効率なスイッチング素子として知られているスーパージャンクション構造の MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor)

ctor Field-Effect Transistor) を用いることでも同様の効果を得ることが可能である。

[0037] また、スクロール機構の圧縮機は、圧縮室の高圧リリースが困難である。そのため、他の方式の圧縮機に比べ、液圧縮した場合に圧縮機構に過大なストレスが掛かり破損する可能性が高い。しかし、実施の形態 1 のヒートポンプ装置 100 では、圧縮機 1 の効率の良い加熱が可能であり、圧縮機 1 内の液冷媒の滞留を抑制することができる。そのため、液圧縮を防止することができるので、圧縮機 1 としてスクロール圧縮機を用いた場合にも効果的である。

[0038] また、周波数 10 kHz、出力 50W を超える加熱機器の場合、法令による制約を受ける場合もある。そのため、事前に 50W を超えないよう電圧指令値の振幅の調整や、流れる電流や電圧を検出して 50W 以下となるようフィードバック制御を行うようにしてもよい。

[0039] なお、インバータ制御部 12 は、CPU (Central Processing Unit) や DSP (Digital Signal Processor)、マイクロコンピュータ (マイコン)、電子回路などで構成される。

[0040] 次に、ヒートポンプ装置 100 の回路構成の一例について説明する。

なお、例えば、図 1 では、圧縮機 1 と、四方弁 2 と、熱交換器 3 と、膨張機構 4 と、熱交換器 5 とが配管により順次接続されたヒートポンプ装置 100 について示した。ここでは、より具体的な構成のヒートポンプ装置 100 について説明する。

[0041] 図 11 は、実施の形態 1 に係るヒートポンプ装置 100 の回路構成図である。

図 12 は、図 11 に示すヒートポンプ装置 100 の冷媒の状態についてのモリエル線図である。図 12 において、横軸は比エンタルピー、縦軸は冷媒圧力を示す。

ヒートポンプ装置 100 は、圧縮機 41 と、熱交換器 42 と、膨張機構 4

3と、レシーバ44と、内部熱交換器45と、膨張機構46と、熱交換器47とが配管により順次接続され、冷媒が循環する主冷媒回路48を備える。なお、主冷媒回路48において、圧縮機41の吐出側には、四方弁49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47の近傍には、ファン50が設けられる。また、圧縮機41は、上記実施の形態で説明した圧縮機1であり、インバータ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。

さらに、ヒートポンプ装置100は、レシーバ44と内部熱交換器45との間から、圧縮機41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52を備える。インジェクション回路52には、膨張機構51、内部熱交換器45が順次接続される。

熱交換器42には、水が循環する水回路53が接続される。なお、水回路53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。

[0042] まず、ヒートポンプ装置100の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49は実線方向に設定される。なお、この暖房運転とは、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。

[0043] 圧縮機41で高温高圧となった気相冷媒（図12の点1）は、圧縮機41から吐出され、凝縮器であり放熱器となる熱交換器42で熱交換されて液化する（図12の点2）。このとき、冷媒から放熱された熱により、水回路53を循環する水が温められ、暖房や給湯に利用される。

熱交換器42で液化された液相冷媒は、膨張機構43で減圧され、気液二相状態になる（図12の点3）。膨張機構43で気液二相状態になった冷媒は、レシーバ44で圧縮機41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12の点4）。レシーバ44で液化された液相冷媒は、主冷媒回路48と、インジェクション回路52とに分岐して流れる。

主冷媒回路48を流れる液相冷媒は、膨張機構51で減圧され気液二相状

態となったインジェクション回路52を流れる冷媒と内部熱交換器45で熱交換されて、さらに冷却される(図12の点5)。内部熱交換器45で冷却された液相冷媒は、膨張機構46で減圧されて気液二相状態になる(図12の点6)。膨張機構46で気液二相状態になった冷媒は、蒸発器となる熱交換器47で外気と熱交換され、加熱される(図12の点7)。そして、熱交換器47で加熱された冷媒は、レシーバ44でさらに加熱され(図12の点8)、圧縮機41に吸入される。

一方、インジェクション回路52を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構51で減圧されて(図12の点9)、内部熱交換器45で熱交換される(図12の点10)。内部熱交換器45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41のインジェクションパイプから圧縮機41内へ流入する。

圧縮機41では、主冷媒回路48から吸入された冷媒(図12の点8)が、中間圧まで圧縮、加熱される(図12の点11)。中間圧まで圧縮、加熱された冷媒(図12の点11)に、インジェクション冷媒(図12の点10)が合流して、温度が低下する(図12の点12)。そして、温度が低下した冷媒(図12の点12)が、さらに圧縮、加熱され高温高圧となり、吐出される(図12の点1)。

[0044] 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51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51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51の開度を所定の開度より小さくする。これにより、圧縮機41のインジェクションパイプへ冷媒が流入しない。

ここで、膨張機構51の開度は、マイクロコンピュータ等の制御部により電子制御により制御される。

[0045] 次に、ヒートポンプ装置100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49は破線方向に設定される。なお、この冷房運転とは、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。

[0046] 圧縮機 4 1 で高温高圧となった気相冷媒（図 1 2 の点 1）は、圧縮機 4 1 から吐出され、凝縮器であり放熱器となる熱交換器 4 7 で熱交換されて液化する（図 1 2 の点 2）。熱交換器 4 7 で液化された液相冷媒は、膨張機構 4 6 で減圧され、気液二相状態になる（図 1 2 の点 3）。膨張機構 4 6 で気液二相状態になった冷媒は、内部熱交換器 4 5 で熱交換され、冷却され液化される（図 1 2 の点 4）。内部熱交換器 4 5 では、膨張機構 4 6 で気液二相状態になった冷媒と、内部熱交換器 4 5 で液化された液相冷媒を膨張機構 5 1 で減圧させて気液二相状態になった冷媒（図 1 2 の点 9）とを熱交換させている。内部熱交換器 4 5 で熱交換された液相冷媒（図 1 2 の点 4）は、主冷媒回路 4 8 と、インジェクション回路 5 2 とに分岐して流れる。

主冷媒回路 4 8 を流れる液相冷媒は、レシーバ 4 4 で圧縮機 4 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 2 の点 5）。レシーバ 4 4 で冷却された液相冷媒は、膨張機構 4 3 で減圧されて気液二相状態になる（図 1 2 の点 6）。膨張機構 4 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 4 2 で熱交換され、加熱される（図 1 2 の点 7）。このとき、冷媒が吸熱することにより、水回路 5 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 4 2 で加熱された冷媒は、レシーバ 4 4 でさらに加熱され（図 1 2 の点 8）、圧縮機 4 1 に吸入される。

一方、インジェクション回路 5 2 を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構 5 1 で減圧されて（図 1 2 の点 9）、内部熱交換器 4 5 で熱交換される（図 1 2 の点 10）。内部熱交換器 4 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 4 1 のインジェクションパイプから流入する。

圧縮機 4 1 内での圧縮動作については、暖房運転時と同様である。

[0047] なお、インジェクション運転を行わない際には、暖房運転時と同様に、膨張機構 5 1 の開度を全閉にして、圧縮機 4 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。

[0048] また、上記説明では、熱交換器 42 は、冷媒と、水回路 53 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。熱交換器 42 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 53 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。

[0049] 以上のように、ヒートポンプ装置 100 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。

### 符号の説明

[0050] 1 圧縮機、2 四方弁、3 熱交換器、4 膨張機構、5 熱交換器、6 冷媒配管、7 圧縮機構、8 モータ、9 インバータ、10 直流電源、11 母線電圧検出部、12 インバータ制御部、13 加熱判定部、14 電圧指令生成部、15 PWM信号生成部、16 スイッチング素子、17 ダイオード、30 電源部、31 交流電源、32 三相整流器、33 DCL、34 平滑コンデンサ、35 ACLと、36 単相整流器、37 平滑コンデンサ、38 切替部、41 圧縮機、42, 47 熱交換器、43, 46, 51 膨張機構、44 レシーバ、45 内部熱交換器、48 主冷媒回路、49 四方弁、50 ファン、52 インジェクション回路、53 水回路、100 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を有する圧縮機と、  
前記圧縮機が有する前記圧縮機構を動作させるモータと、  
前記モータに所定の電圧を印加するインバータであって、2つのスイッチング素子の直列接続部を3個並列に接続して構成された三相インバータと、  
前記三相インバータの各スイッチング素子に対応する6つの駆動信号を生成し、生成した各駆動信号を前記三相インバータの対応するスイッチング素子へ出力することにより、前記三相インバータに高周波交流電圧を発生させるインバータ制御部であって、前記三相インバータの正電圧側又は負電圧側の3つのスイッチング素子の全てをオンの状態とするスイッチングパターンAの駆動信号を生成するとともに、前記スイッチングパターンAの駆動信号の次には、前記3つのスイッチング素子のうち2つ以上のスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンの駆動信号を生成することなく、前記3つのスイッチング素子のうち2つのスイッチング素子をオンの状態とし、1つのスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンBの駆動信号を生成するインバータ制御部と  
を備え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、  
所定の周波数の基準信号に同期して、3つの電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ それぞれを予め設定された2つの値に順に切り替えて選択する電圧指令選択部と、  
前記電圧指令選択部が選択した3つの電圧指令値と前記基準信号とを比較して、前記三相インバータの各スイッチング素子に対応する6つの駆動信号を生成する駆動信号生成部と  
を備え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]

前記基準信号は、時間に対する値の変化における頂と谷とが特定可

能な信号であり、

前記電圧指令選択部は、前記基準信号の頂と底との両方のタイミングで前記3つの電圧指令値 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ それぞれを切り替える

ことを特徴とする請求項2に記載のヒートポンプ装置。

[請求項4]

前記インバータ制御部は、前記圧縮機に冷媒を圧縮させる圧縮運転モードと、前記圧縮機を加熱する加熱運転モードとのいずれかで運転し、前記圧縮運転モードで運転する場合には、前記モータが回転する周波数の交流電圧を前記三相インバータに発生させ、前記加熱運転モードで運転する場合には、前記圧縮運転モードの場合に発生させる交流電圧の周波数より高く、前記モータが回転しない周波数の前記高周波交流電圧を前記三相インバータに発生させる

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5]

前記ヒートポンプ装置は、さらに、

前記三相インバータへ電圧を印加する電源部であって、前記インバータ制御部が前記加熱運転モードで運転する場合には、前記インバータ制御部が前記圧縮運転モードで運転する場合よりも低い電圧を前記三相インバータへ印加する電源部

を備えることを特徴とする請求項4に記載のヒートポンプ装置。

[請求項6]

前記電源部は、

三相四線式の交流電源と、

前記交流電源の三相交流出力を入力として整流する第1整流器と、

前記交流電源のいずれか一相と中性点との出力を入力として整流する第2整流器と、

前記インバータ制御部が前記圧縮運転モードで運転する場合には、前記第1整流器で整流された電圧を前記三相インバータへ印加し、前記インバータ制御部が前記加熱運転モードで運転する場合には、前記第2整流器で整流された電圧を前記三相インバータへ印加するように

切り替える切替部と

を備えることを特徴とする請求項5に記載のヒートポンプ装置。

[請求項7] 前記三相インバータを構成するスイッチング素子は、ワイドギャップ半導体である

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8] 前記ワイドギャップ半導体は、SiC、GaN、ダイヤモンドのいずれかである

ことを特徴とする請求項7に記載のヒートポンプ装置。

[請求項9] 前記三相インバータを構成するスイッチング素子は、スーパー Junction構造のMOSFETである

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10] 冷媒を圧縮する圧縮機構を有する圧縮機と、第1熱交換器と、膨張機構と、第2熱交換器とが配管により順次接続された冷媒回路を備えるヒートポンプ装置と、前記冷媒回路に接続された前記第1熱交換器で冷媒と熱交換された流体を利用する流体利用装置とを備えるヒートポンプシステムであり、

前記ヒートポンプ装置は、さらに、

前記圧縮機が有する前記圧縮機構を動作させるモータと、

前記モータに所定の電圧を印加するインバータであって、2つのスイッチング素子の直列接続部を3個並列に接続して構成された三相インバータと、

前記三相インバータの各スイッチング素子に対応する6つの駆動信号を生成し、生成した各駆動信号を前記三相インバータの対応するスイッチング素子へ出力することにより、前記三相インバータに高周波交流電圧を発生させるインバータ制御部であって、前記三相インバータの正電圧側又は負電圧側の3つのスイッチング素子の全てをオンの状態とするスイッチングパターンAの駆動信号を生成するとともに、前記スイッチングパターンAの駆動信号の次には、前記3つのスイッ

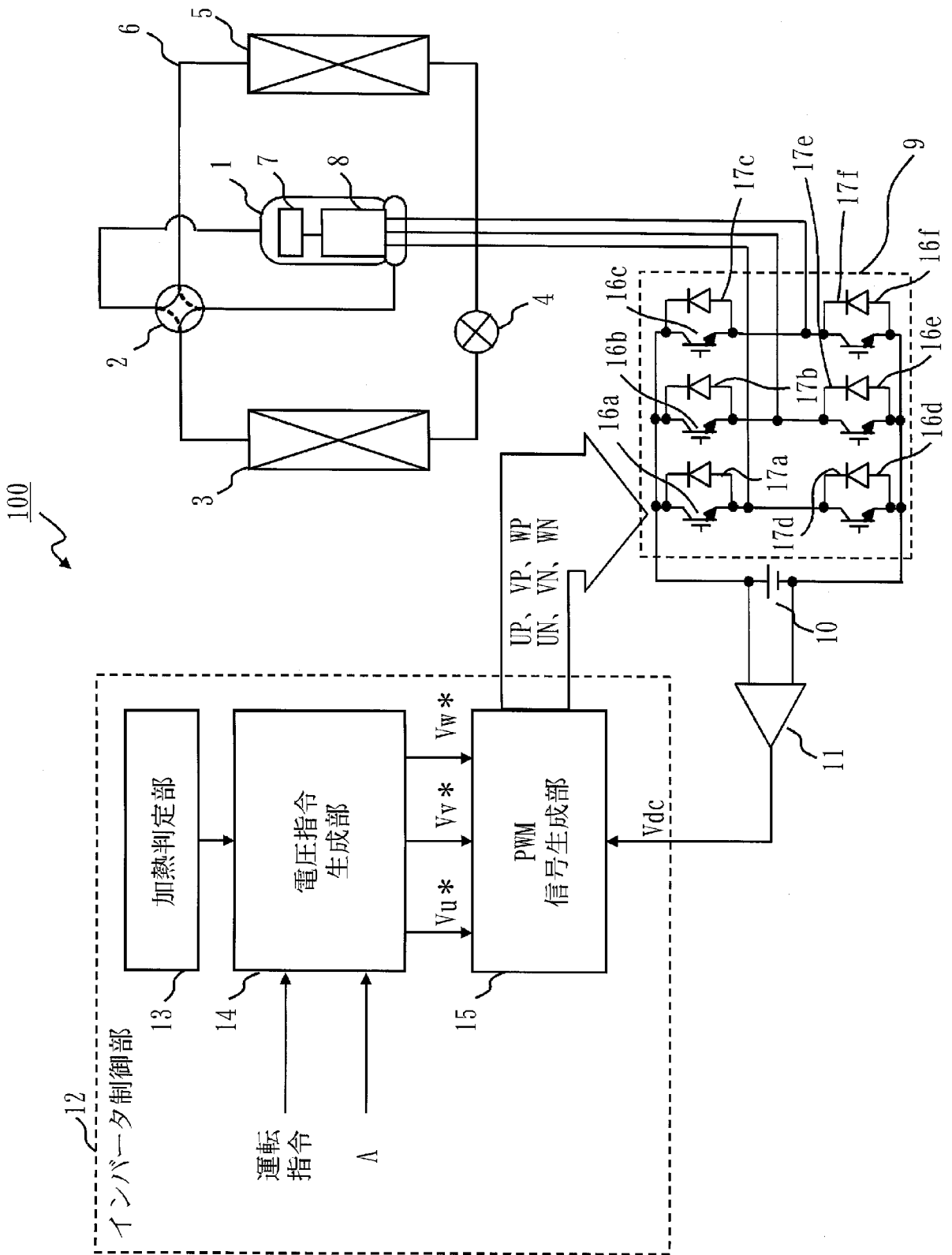
チング素子のうち2つ以上のスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンの駆動信号を生成することなく、前記3つのスイッチング素子のうち2つのスイッチング素子をオンの状態とし、1つのスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンBの駆動信号を生成するインバータ制御部と  
を備えることを特徴とするヒートポンプシステム。

[請求項11]

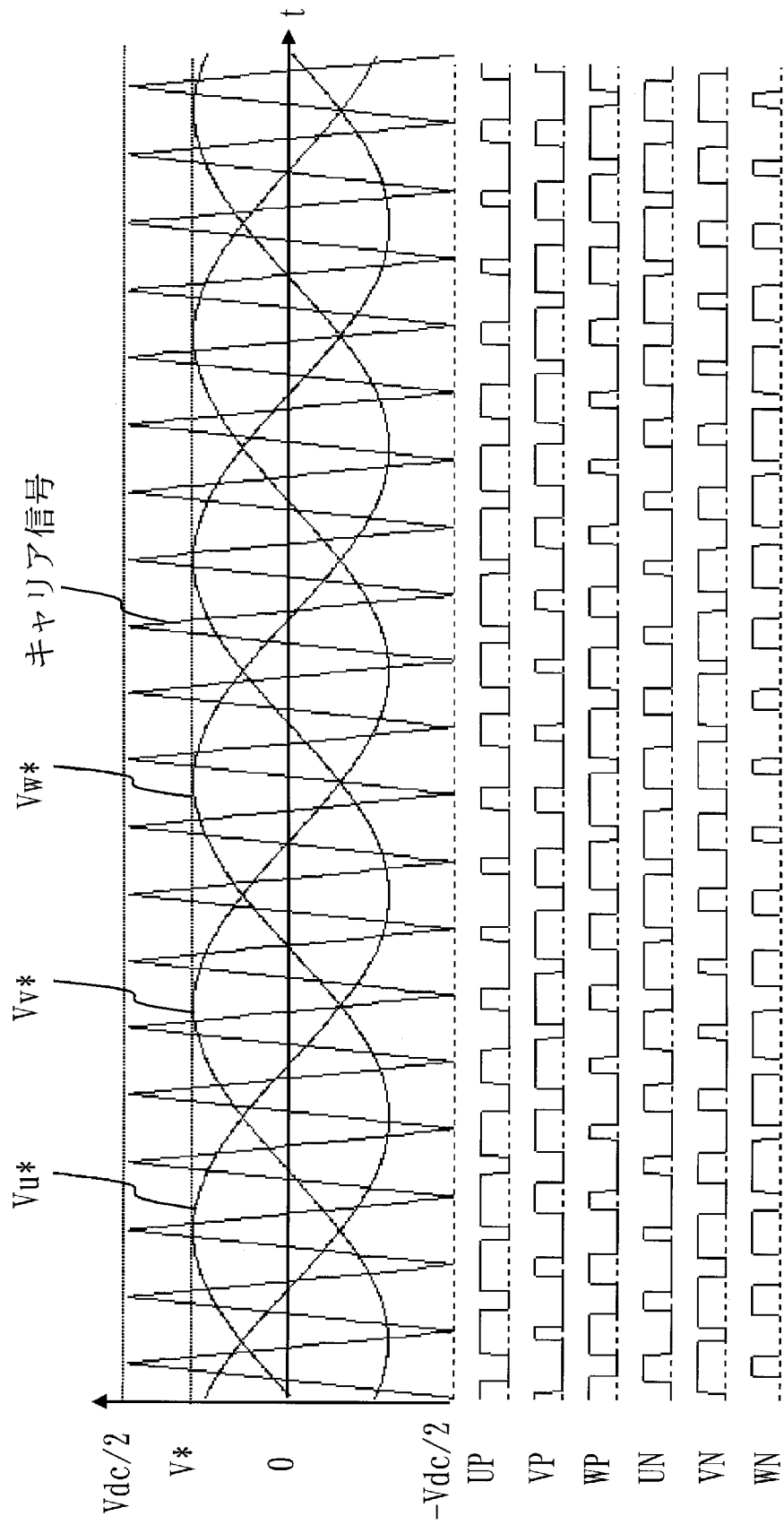
冷媒を圧縮する圧縮機構を有する圧縮機と、  
前記圧縮機が有する前記圧縮機構を動作させるモータと、  
前記モータに所定の電圧を印加するインバータであって、2つのスイッチング素子の直列接続部を3個並列に接続して構成された三相インバータと  
を備えるヒートポンプ装置における前記三相インバータの制御方法であり、

前記三相インバータの各スイッチング素子に対応する6つの駆動信号を生成し、生成した各駆動信号を前記三相インバータの対応するスイッチング素子へ出力することにより、前記三相インバータに高周波交流電圧を発生させるインバータ制御工程であって、前記三相インバータの正電圧側又は負電圧側の3つのスイッチング素子の全てをオンの状態とするスイッチングパターンAの駆動信号を生成するとともに、前記スイッチングパターンAの駆動信号の次には、前記3つのスイッチング素子のうち2つ以上のスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンの駆動信号を生成することなく、前記3つのスイッチング素子のうち2つのスイッチング素子をオンの状態とし、1つのスイッチング素子をオフの状態とするスイッチングパターンBの駆動信号を生成するインバータ制御工程  
を備えることを特徴とする三相インバータの制御方法。

[図1]



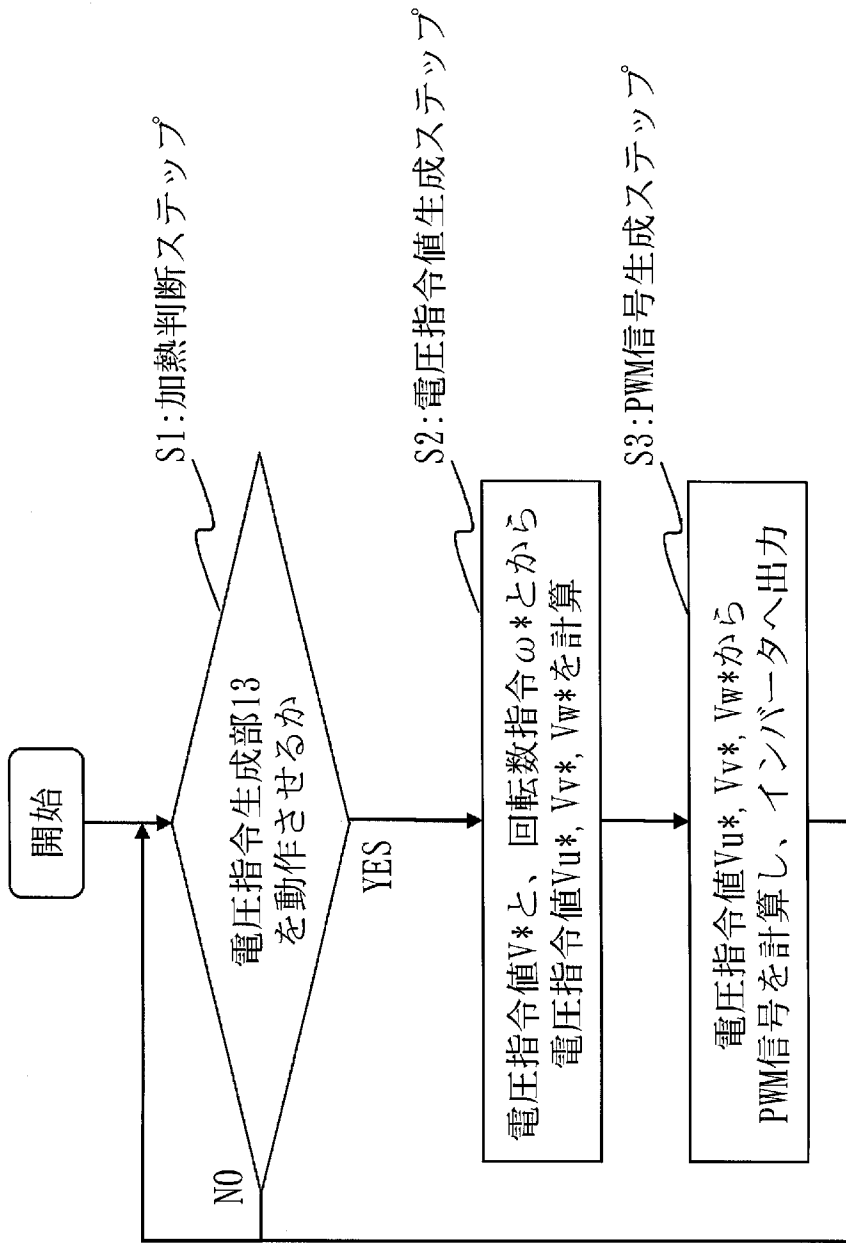
[図2]



[図3]

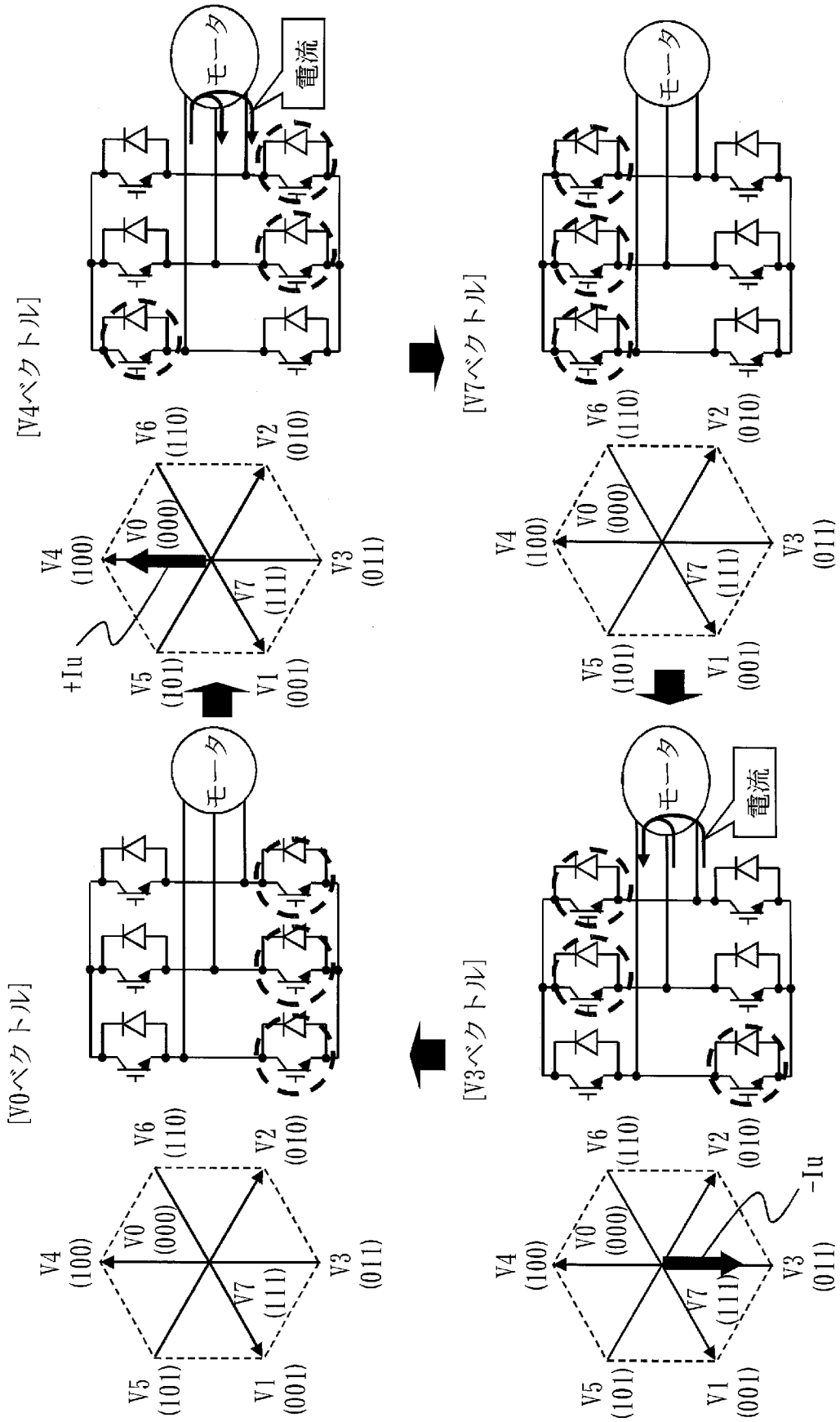
電圧 ベクトル	電圧 方向	UP	VP	WP	UN	VN	WN
V0	0	0	0	0	1	1	1
V1	+W	0	0	1	1	1	0
V2	+V	0	1	0	1	0	1
V3	-U	0	1	1	1	0	0
V4	+U	1	0	0	0	1	1
V5	-V	1	0	1	0	1	0
V6	-W	1	1	0	0	0	1
V7	0	1	1	1	0	0	0

[図4]

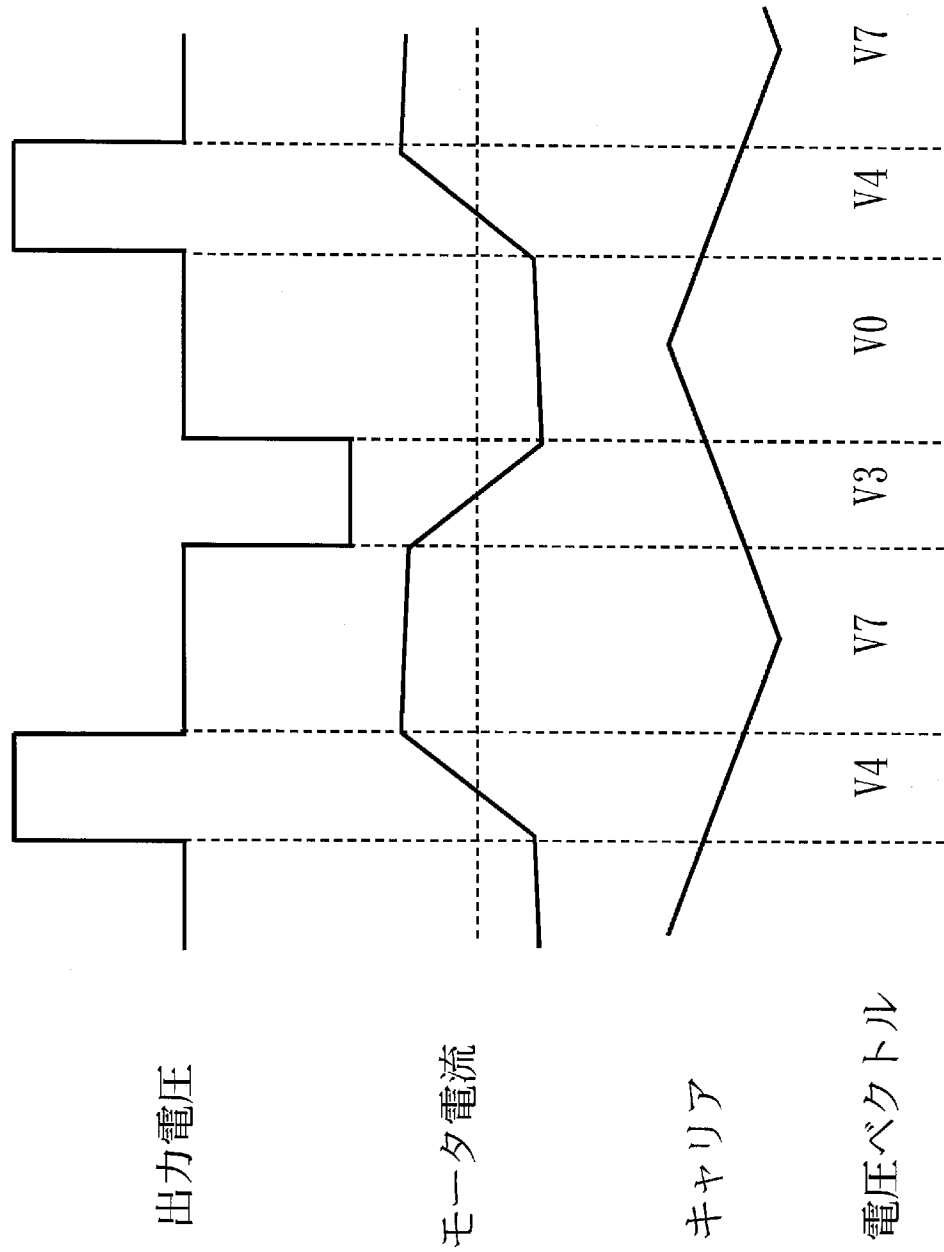




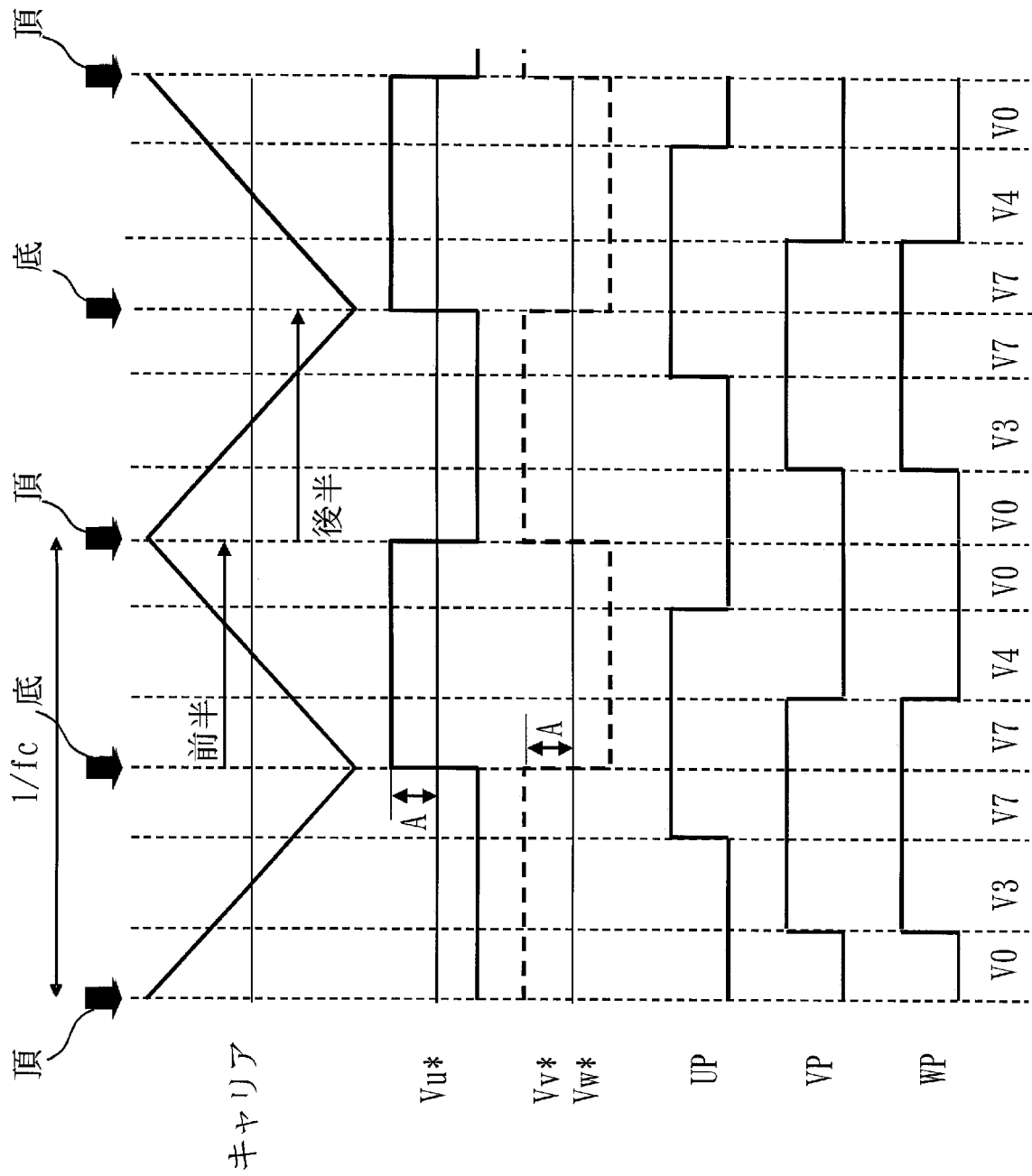
[図6]



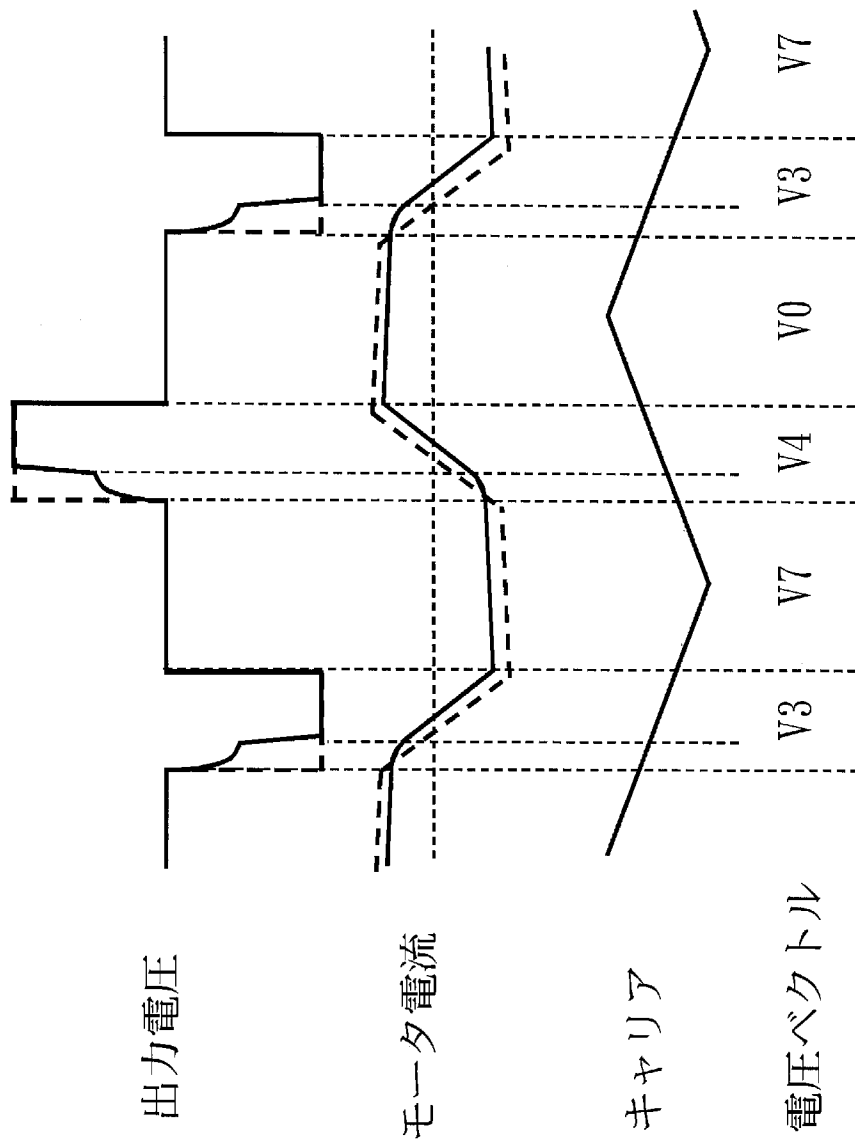
[図7]



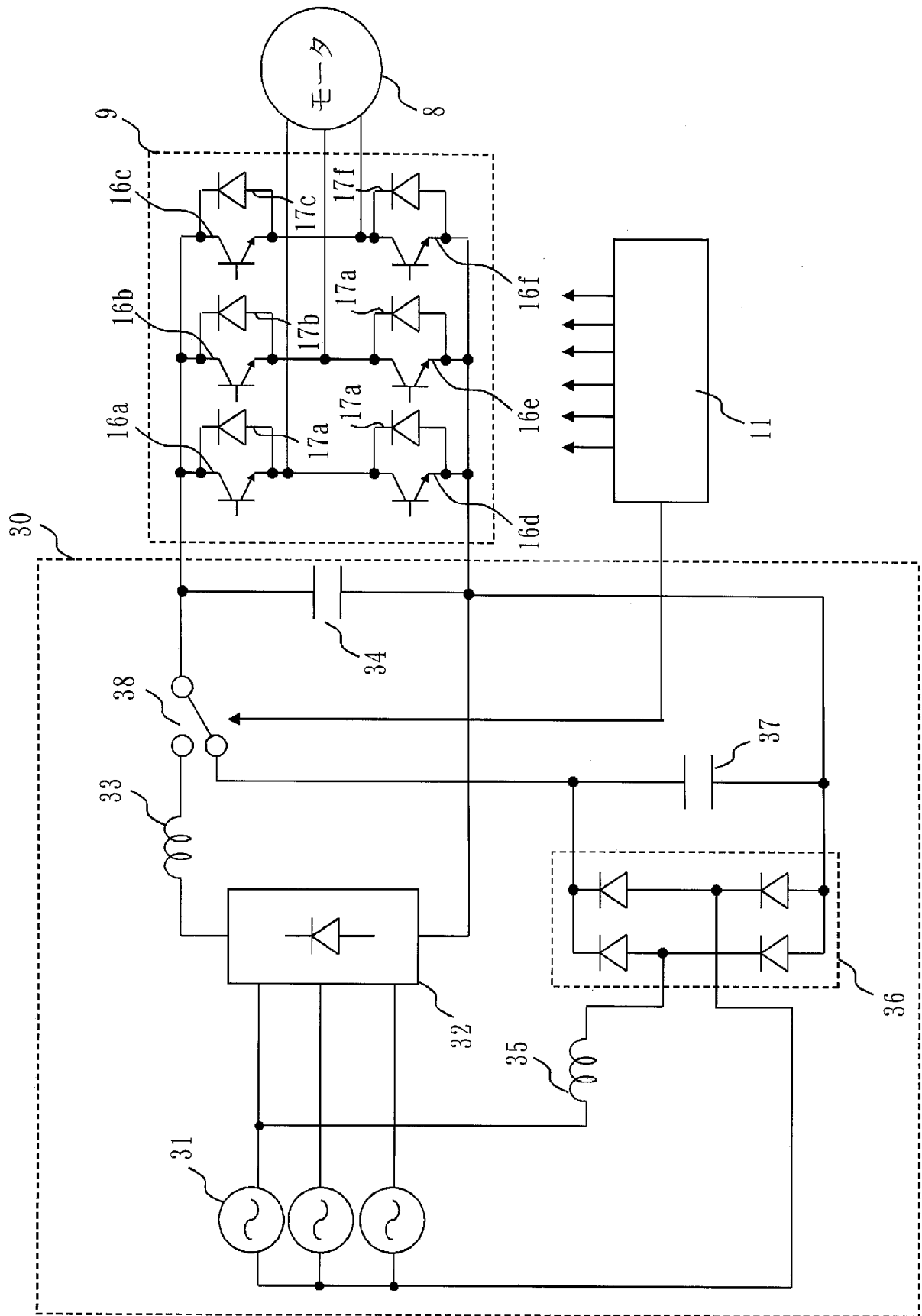
[図8]



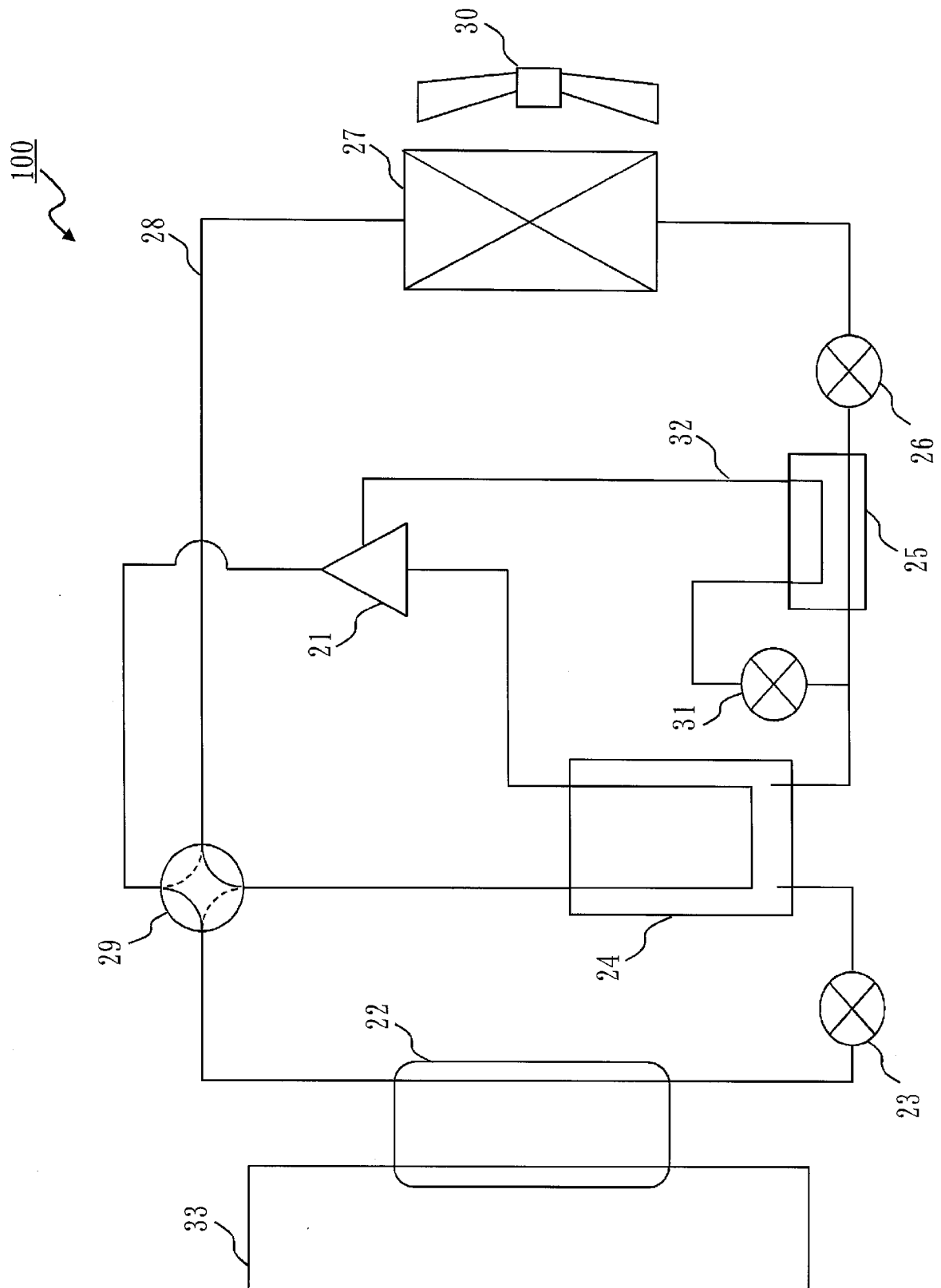
[図9]



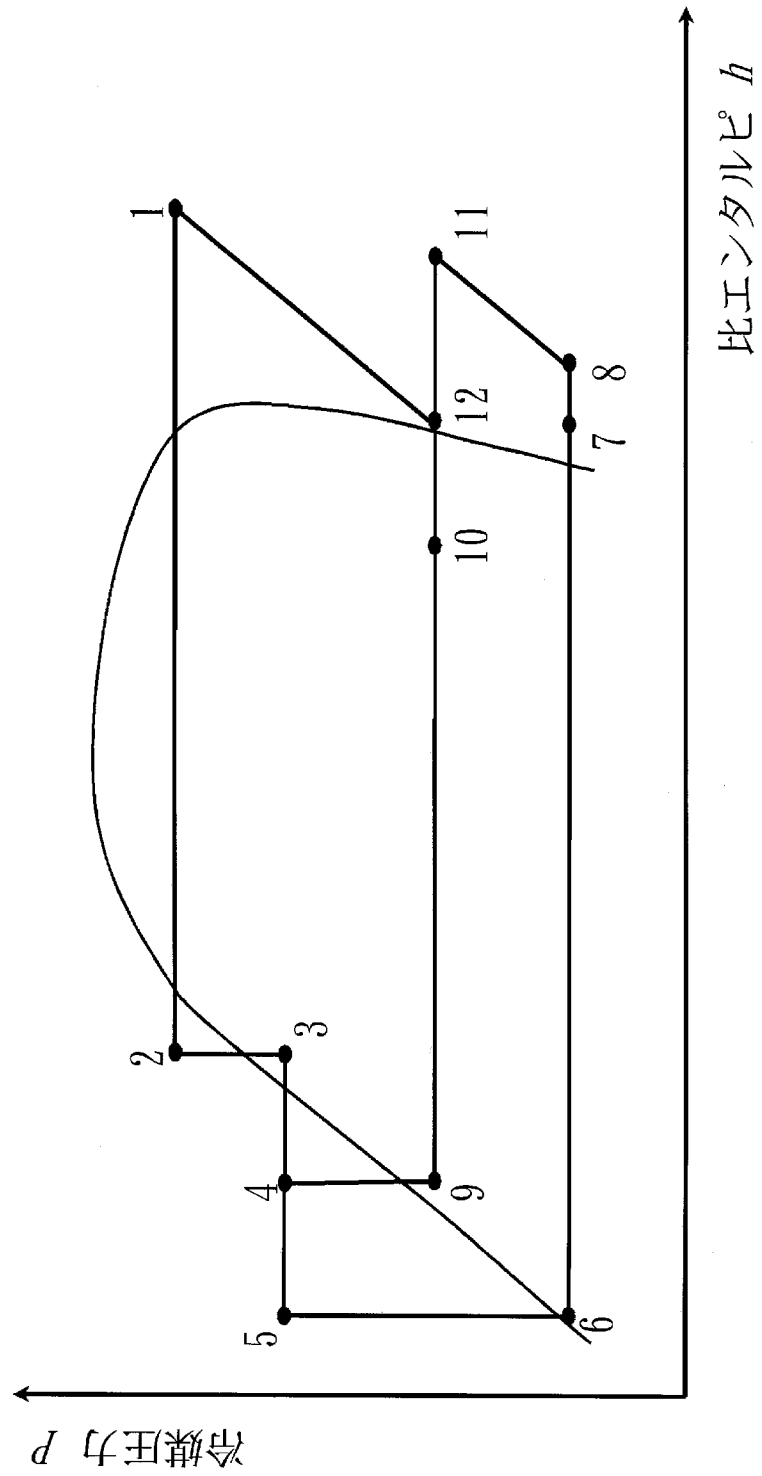
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/052480

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F25B1/00(2006.01) i, F04B49/10(2006.01) i, H02P27/06(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, F04B49/10, H02P27/06

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
Y A	JP 61-91445 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 May 1986 (09.05.1986), fig. 1; page 2, lower right column, line 17 to page 3, upper left column, line 7 (Family: none)	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6
Y A	JP 2003-199389 A (Hitachi, Ltd.), 11 July 2003 (11.07.2003), fig. 4; paragraphs [0009] to [0014], [0017] & US 2003/0128009 A1	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6
Y A	JP 2010-74898 A (Renesas Technology Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), fig. 6, 12A, 12B, 14 & US 2010/0066284 A & US 2010/0066284 A1 & CN 101677223 A	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 March, 2011 (24.03.11)Date of mailing of the international search report  
05 April, 2011 (05.04.11)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/052480

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 160571/1983 (Laid-open No. 68341/1985) (Toshiba Corp.), 15 May 1985 (15.05.1985), specification, page 6, lines 2 to 4; fig. 2 to 4 (Family: none)	5 1-4, 6-11
Y A	JP 2008-57425 A (Daikin Industries, Ltd.), 13 March 2008 (13.03.2008), claims 1, 9; paragraph [0009] (Family: none)	7, 8 1-6, 9-11
Y A	WO 2010/119526 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 21 October 2010 (21.10.2010), claims 7, 8 (Family: none)	9 1-8, 10, 11

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, F04B49/10(2006.01)i, H02P27/06(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, F04B49/10, H02P27/06

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 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011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
Y A	JP 61-91445 A (松下電器産業株式会社) 1986.05.09, 第1図, 第2頁右下欄第17行-第3頁左上欄第7行 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6
Y A	JP 2003-199389 A (株式会社日立製作所) 2003.07.11, 図4, 段落【0009】-【0014】、【0017】 & US 2003/0128009 A1	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6
Y A	JP 2010-74898 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2010.04.02, 図6, 12A, 12B, 14 & US 2010/0066284 A & US 2010/0066284 A1 & CN 101677223 A	1, 4, 5, 7-11 2, 3, 6

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、一般的な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 24.03.2011	国際調査報告の発送日 05.04.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) マキロイ 寛済 電話番号 03-3581-1101 内線 3377

3M 4031

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
Y A	日本国実用新案登録出願58-160571号(日本国実用新案登録出願公開60-68341号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム(株式会社東芝)1985.05.15, 明細書第6頁第2-4行, 第2-4図(ファミリーなし)	5 1-4, 6-11
Y A	JP 2008-57425 A (ダイキン工業株式会社) 2008.03.13, 請求項1, 9, 段落【0009】(ファミリーなし)	7, 8 1-6, 9-11
Y A	WO 2010/119526 A1 (三菱電機株式会社) 2010.10.21, 請求項7, 8 (ファミリーなし)	9 1-8, 10, 11