

(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
2019年1月24日(24.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/016901 A1

(51) 国際特許分類:

H02P 27/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2017/026148

(22) 国際出願日:

2017年7月19日(19.07.2017)

(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:畠山 和徳(HATAKEYAMA, 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). 植村

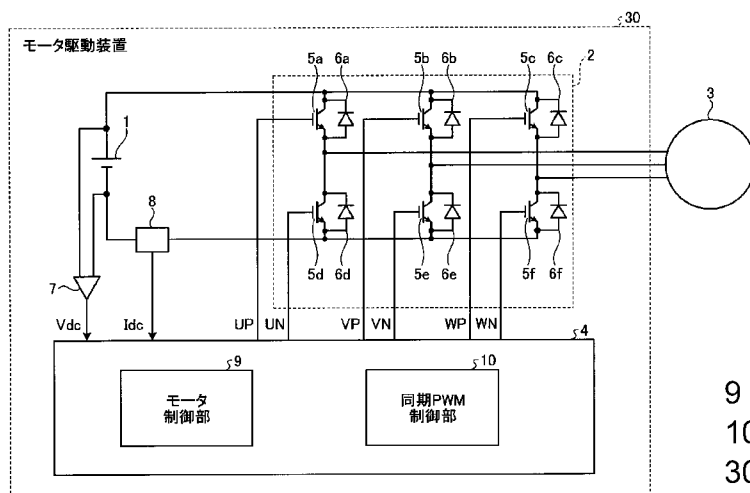
啓介(UEMURA, Keisuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 篠本 洋介(SHINOMOTO, Yosuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 有澤 浩一(ARISAWA, Koichi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人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,

(54) Title: MOTOR DRIVE DEVICE, AND HEAT PUMP APPARATUS AND REFRIGERATION/AIR-CONDITIONING APPARATUS USING MOTOR DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: モータ駆動装置並びにモータ駆動装置を用いたヒートポンプ装置及び冷凍空調装置



- 9 Motor control unit
10 Synchronous PWM control unit
30 Motor drive device

(57) Abstract: A motor drive device (30) is used for driving a motor (3) and is provided with an inverter (2) that applies AC voltage to the motor (3). At the time of starting operation, the inverter (2) operates switching elements of the inverter (2) with a first PWM signal obtained through PWM modulation performed at a carrier frequency that is a first integer multiple of the frequency of the AC voltage, and thereafter operates the switching elements with a second PWM signal

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

obtained through PWM modulation performed at a carrier frequency that is a second integer multiple of the frequency of the AC voltage. Note that the second integer is less than the first integer.

(57) 要約: モータ駆動装置(30)は、モータ(3)の駆動に用いられ、モータ(3)に交流電圧を印加するインバータ(2)を備える。インバータ(2)は、起動運転時には交流電圧の周波数の第1の整数倍のキャリア周波数でPWM変調された第1のPWM信号でインバータ(2)のスイッチング素子を動作させ、その後交流電圧の周波数の第2の整数倍のキャリア周波数でPWM変調された第2のPWM信号でスイッチング素子を動作させる。なお、第2の整数は第1の整数よりも小さい。

明 細 書

発明の名称：

モータ駆動装置並びにモータ駆動装置を用いたヒートポンプ装置及び冷凍空調装置

技術分野

[0001] 本発明は、モータを駆動するモータ駆動装置、並びに当該モータ駆動装置を用いたヒートポンプ装置及び冷凍空調装置に関する。

背景技術

[0002] モータ駆動用のインバータ制御装置において、スイッチング損失を少なくするため、速度指令の小さい通常運転領域において2相変調を選択し、キャリア周波数を低く設定する技術がある（例えば、下記特許文献1参照）。

[0003] また、モータを駆動する電力変換装置において、1個のシャント抵抗である電流検出部を用いて電力変換器の直流母線電流を検出し、スイッチングに伴う「リングング」の発生の対策として、キャリア周波数を下げ、電流の通流幅を広げることで電流検出を容易にする技術がある（例えば、下記特許文献2参照）。

[0004] また、下記非特許文献1は、埋込磁石同期モータに関する公知文献である。非特許文献1については、「発明を実施するための形態」の説明において言及する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-289985号公報

特許文献2：特開2009-055693号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：埋込磁石同期モータの設計と制御 平成13年10月25日発行、オーム社

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 上記特許文献 1 に示す技術では、2 相変調においてキャリア周波数を低く設定した場合、インバータが出力する電圧の周波数とキャリア周波数とが近くなる。このため、キャリア周波数と出力電圧との間の同期がとれていない場合、出力電圧波形の対称性が失われ、出力電圧歪みによってモータに騒音及び振動が発生するおそれがあった。
- [0008] また、上記特許文献 2 に示す技術では、キャリア周波数と出力電圧の同期がとれていない場合、出力電圧波形の対称性が失われ、出力電圧歪みによる電流波形の歪みが発生し、安定した電流検出ができず、モータの安定駆動が困難になるという課題があった。
- [0009] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、キャリア周波数を低減させた状態においても、モータの騒音及び振動を抑制した安定駆動化と、キャリア周波数低減による低ノイズ化とを両立可能とするモータ駆動装置、並びにモータ駆動装置を用いたヒートポンプ装置及び冷凍空調装置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

- [0010] 上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明に係るモータ駆動装置は、モータの駆動に用いられ、モータに交流電圧を印加するインバータを備える。インバータは、起動運転時には交流電圧の周波数の第 1 の整数倍のキャリア周波数で PWM 変調された第 1 の PWM 信号でインバータのスイッチング素子を動作させ、その後交流電圧の周波数の第 2 の整数倍のキャリア周波数で PWM 変調された第 2 の PWM 信号でスイッチング素子を動作させる。なお、第 2 の整数は第 1 の整数よりも小さい。

発明の効果

- [0011] 本発明によれば、キャリア周波数を低減させた状態においても、モータの騒音及び振動を抑制した安定駆動化と、キャリア周波数低減による低ノイズ

化とを両立することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本実施の形態におけるモータ駆動装置の構成を示す回路図
[図2]本実施の形態におけるモータ制御部の構成を示すブロック図
[図3]本実施の形態におけるモータ制御部の動作を説明するための波形図
[図4]本実施の形態における同期PWM制御部の構成を示すブロック図
[図5]本実施の形態における電圧指令 V_u^* とキャリアとの関係を示す波形図
[図6]9パルスで動作させたときのキャリア、電圧指令、PWM信号及び、モータに印加される線間電圧の動作波形を示す波形図
[図7]非同期PWMの場合の線間電圧と同期PWMの場合の線間電圧との比較図
[図8]非同期PWMの場合の電流THDと同期PWMの場合の電流THDとの比較図
[図9]キャリア周波数と発生ノイズ及び漏洩電流とを従来と比較した図
[図10]本実施の形態に係るモータ駆動装置をヒートポンプ装置に適用した場合の概略構成図
[図11]本実施の形態に係るヒートポンプ装置の回路構成図
[図12]図11に示す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
[図13]図11に示すヒートポンプ装置に本実施の形態に係る制御手法を適用した場合のキャリア周波数の変化を示すタイムチャート
[図14]発生ノイズ及び漏洩電流を三相変調と二相変調との間で比較した図
[図15]キャリア周波数の大小による直流電流検出範囲を比較した図

発明を実施するための形態

- [0013] まず、本実施の形態におけるモータ駆動装置の基本的な構成及び動作について説明する。図1は、本実施の形態におけるモータ駆動装置30の構成を示す回路図である。本実施の形態におけるモータ駆動装置30は、図1に示すように、交流モータであるモータ3に交流電力を供給してモータ3を回転駆動する装置である。モータ駆動装置30は、直流電力の供給源である直流

電源 1 と、直流を交流に変換してモータ 3 に交流電圧を印加するインバータ 2 と、インバータ 2 を制御するインバータ制御部 4 とを備えて構成される。

[0014] 図 1 に示すモータ駆動装置 30 において、インバータ 2 は、スイッチング素子 5 a ~ 5 f、スイッチング素子 5 a ~ 5 f に並列接続されたダイオード 6 a ~ 6 f を有して構成される。インバータ 2 には、直流電源 1 の電圧を検出する直流電圧検出部 7 と、インバータ 2 に流れる電流を検出する電流検出部 8 とが設けられる。インバータ制御部 4 は、直流電圧検出部 7 が検出した電圧 V_{dc} 及び電流検出部 8 が検出した電流 I_{dc} に基づいて、パルス幅変調 (Pulse Width Modulation: 以下「PWM」と表記) 信号 U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N を生成する。インバータ制御部 4 は、生成した PWM 信号 U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N をインバータ 2 に出力してスイッチング素子 5 a ~ 5 f を駆動する。PWM 信号 U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N によって制御されたインバータ 2 は、指令された交流電圧をモータ 3 に印加する。

[0015] なお、直流電源 1 は、交流電源をダイオードブリッジ等で整流し、さらに平滑して生成した直流電源でも問題なく、太陽電池、バッテリーなどに代表される直流電源を用いても何ら問題ない。

[0016] 電流検出部 8 は、インバータ 2 の入力側に設けられているが、インバータ 2 とモータ 3 との間に設け、モータ 3 の各相である U 相、V 相及び W 相 (以下、必要に応じて「UVW 相」と表記) に流れる相電流 I_u , I_v , I_w を検出するようにしてもよい。電流検出部 8 は、スイッチング素子 5 d ~ 5 f の負極側に設けられてモータ 3 の各相に流れる電流 I_u , I_v , I_w を検出するようにしてもよい。すなわち、モータ 3 の各相に流れる相電流 I_u , I_v , I_w を検出可能であれば、どのような手段または手法を用いてもよい。

[0017] 図 1 に戻り、インバータ制御部 4 は、直流電圧検出部 7 が検出した電圧 V_{dc} 及び電流検出部 8 が検出した電流 I_{dc} に基づいて、電圧指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* 及び、当該電圧指令 V_u^* , V_v^* , V_w^* の位相角 (以下、必要に応じて「電圧位相」と称する) θ_v を演算するモータ制御部 9 と、

電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 及び電圧位相 θ_v を使用してPWM信号 U_P 、 V_P 、 W_P 、 U_N 、 V_N 、 W_N を生成する同期PWM制御部10と、を有して構成される。以下、モータ制御部9及び同期PWM制御部10の構成及び動作について説明する。

[0018] 図2は、本実施の形態におけるモータ制御部9の構成を示すブロック図である。図3は、本実施の形態におけるモータ制御部9の動作を説明するための波形図である。

[0019] 図2において、電流復元部11は、電流検出部8の出力 I_{dc} の情報からモータ3に流れる相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を復元する。なお、モータ3に流れる相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を直接検出した場合には、電流復元部11による復元は不要である。

[0020] 三相／二相変換部12は、復元された I_u 、 I_v 、 I_w 及び、モータ3のロータ磁極位置 θ に基づき、座標変換によって、 dq 座標軸における電流 I_d 、 I_q 、すなわち d 軸座標における d 軸電流及び q 軸座標における q 軸電流を生成して位置及び速度推定部13と、電流制御部15とに出力する。なお、ロータ磁極位置 θ は、位置及び速度推定部13によって生成される。

[0021] 位置及び速度推定部13は、電流 I_d 、 I_q 及び電圧指令 V_d^* 、 V_q^* に基づいて、モータ3の速度推定値 ω を生成して速度制御部14に出力する。なお、電圧指令 V_d^* 、 V_q^* は、電流制御部15によって生成される。

[0022] 速度制御部14は、速度指令値 ω^* 及び速度推定値 ω に基づき、速度推定値 ω が速度指令値 ω^* に一致するような q 軸電流指令 I_q^* を算出して電流制御部15に出力する。

[0023] 電流制御部15は、 d 軸電流 I_d が d 軸電流指令 I_d^* に一致するような d 軸電圧指令 V_d^* と、 q 軸電流 I_q が q 軸電流指令 I_q^* に一致するような q 軸電圧指令 V_q^* と、を生成して電圧指令演算部16に出力する。

[0024] 電圧指令演算部16は、直流電圧検出部7が検出した電圧 V_{dc} 、 d 軸電圧指令 V_d^* 、 q 軸電圧指令 V_q^* 及びロータ磁極位置 θ に基づいて、 UVW 相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、すなわち U 相電圧指令 V_u^* 、 V

相電圧指令 V_v^* 、W相電圧指令 V_w^* 及び電圧位相 θ_v を生成して同期 PWM 制御部 10 に出力する。なお、モータ制御部 9 については、上記非特許文献 1 に記載のように公知であり、ここでの詳細な説明は省略する。また、モータ 3 を駆動可能な制御技術であれば、何れの手法であっても問題ないことは言うまでもない。

[0025] 図 3 の上段部には、電圧指令演算部 16 が生成した UVW 相の電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* の一例が示されている。三角波で示しているキャリア信号と電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* とは、同期 PWM 制御部 10 で比較され、下段部に示す PWM 信号 UP、VP、WP、UN、VN、WN が生成される。なお、PWM 信号 UP、VP、WP、UN、VN、WN を生成する具体的な手法については、後述する。また、図 3 の例では、U 相電圧指令 V_u^* が立下がるゼロクロス点を、電圧位相 $\theta_v = 0$ の基準点としているが、これに限定されるものではなく、どのような点を $\theta_v = 0$ の基準点としても何ら問題ない。

[0026] 図 4 は、本実施の形態における同期 PWM 制御部 10 の構成を示すブロック図である。同期 PWM 制御部 10 は、図 4 に示すように、キャリア生成部 17 及びキャリア比較部 18 を備えて構成される。キャリア生成部 17 は、電圧位相 θ_v に基づいてキャリアを生成する。キャリア比較部 18 は、キャリア信号及び電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいて、PWM 信号 UP、VP、WP、UN、VN、WN を生成する。

[0027] 図 5 は、本実施の形態における電圧指令 V_u^* とキャリアとの関係を示す波形図であり、横軸には電圧位相 θ_v をとり、縦軸には下から、同期 3 パルス、同期 6 パルス、同期 9 パルスで制御するときのキャリアの波形及び電圧指令 V_u^* の波形を示している。

[0028] 同期 PWM 制御の場合、生成されるキャリアは、図 5 に示すように、電圧位相 θ_v に同期している。すなわち、キャリア生成部 17 は、電圧位相 θ_v に同期したキャリアを生成する。このとき、キャリア比較部 18 は、キャリアと電圧指令 V_u^* の大小を比較して “High” または “Low” の PW

M信号を出力する。なお、PWM信号の一例は、図3の下段部に示す通りである。

[0029] 同期PWM制御部10は、U相の電圧指令 V_u^* の周波数に対して三角波のキャリアの周波数であるキャリア周波数が例えば3倍、6倍、9倍の関係になるように制御する。キャリア周波数を、3倍、6倍、9倍と変化させると、キャリアの半周期中に含まれるパルス数が、それぞれ3パルス、6パルス、9パルスであるPWM信号が生成される。キャリアと電圧位相 θ_v とが同期していることから、これらのパルスは、“同期3パルス”、“同期6パルス”、“同期9パルス”と呼称される。なお、図5では図示していないが、キャリア周波数は9倍より高い周波数に設定すること、すなわち、PWM信号の周波数を交流電圧の周波数の $3n$ 倍（ n は整数）の関係に制御することも可能である。ただし、電圧指令 V_u^* の一周期に対してPWM信号のパルス数が増加するため、出力電圧の精度が向上する一方で、スイッチング素子5a～5fのスイッチング回数が増加する。すなわち、キャリア周波数の増大はスイッチング損失の増加に繋がり、キャリア周波数の増大とスイッチング損失の増加とはトレードオフの関係にある。

[0030] 図6は、9パルスで動作させたときのキャリア、電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 、PWM信号UP、VP、WP、UN、VN、WN及び、モータ3に印加される線間電圧 V_{uv} 、 V_{vw} 、 V_{wu} の動作波形を示す波形図である。なお、図6では、実際にインバータ制御部4を構成する際に用いられるマイクロコンピュータ（以下「マイコン」と略記）を用いた場合の動作を想定している。このため、図3では、電圧指令 V_u^* が連続的に動作していたのに対して、図6では、キャリアの山（頂部）と谷（底部）のタイミングで制御が行われるため、電圧指令 V_u^* が離散的に変化するように動作している。

[0031] さて、図6（a）に示す波形では、電圧指令 V_u^* の1周期中にキャリアが9周期分入るように設定されている。キャリアと電圧指令 V_u^* の大小関係が比較され、例えばキャリアより電圧指令 V_u^* が高い場合にPWM信号

UPはHigh、低い場合にLowが出力される。また、PWM信号UNは、PWM信号UPに対して逆の関係となるよう制御される。同様に、キャリアと電圧指令Vv*及びVw*のそれぞれとの大小関係が比較され、比較結果に基づいて、図6（b）に示すようなPWM信号VP, WP, VN, WNが生成される。生成されたPWM信号によりスイッチング素子5a～5fが駆動され、図6（c）に示すような線間電圧Vu_v, Vv_w, Vw_uがモータ3への印加電圧となる。

[0032] また、最近では、モータ駆動において、出力電圧を向上させるため、空間ベクトル変調PWM、三次高調波重畳PWMといった手法も広く用いられている。そのため、図3及び図5では、電圧指令Vu*を正弦波として扱っていたが、本実施の形態では、図6（a）において、実線、破線及び一点鎖線で示すように、空間ベクトル変調PWM及び三次高調波重畳PWMに準じた電圧指令Vu*, Vv*, Vw*の波形としている。図6（b）及び図6（c）の波形を参照すれば、図3の下段部の波形と同等の波形が生成されており、離散的に変化する電圧指令を用いて電圧指令Vu*, Vv*, Vw*を生成しても、何ら問題ないことが明らかである。

[0033] ここで、図6に示すように、1周期の電圧指令Vu*中に9周期分のキャリアが入るよう設定された場合の動作について考察する。まず、モータ3の回転数が増加すると、それに応じて電圧指令Vu*の周波数も増加する。そのため、キャリアが9周期分入るよう動作させることは、モータ3の回転数に応じてキャリア周波数も変化させることを意味する。

[0034] 図7は、非同期PWMの場合の線間電圧と同期PWMの場合の線間電圧とを比較して示した図であり、図7（a）は、電圧指令とキャリアとが整数倍の関係になっておらず、電圧指令Vu*とキャリアとが同期がとれていない非同期PWMの場合の線間電圧を示しているのに対し、図7（b）は、電圧指令とキャリアとが整数倍の関係になっており、電圧指令Vu*とキャリアとが同期するように制御された同期PWMの場合の線間電圧を示している。

[0035] 非同期PWMの出力電圧は、図7（a）に示すように、非対称であり、出

力電圧がアンバランスとなっているのに対し、同期PWMの出力電圧は、図7（b）に示すように対称形であり、出力電圧がバランスしていることがわかる。

[0036] 図8は、非同期PWMの場合のモータ電流に関する全高調波歪（Total Harmonic Distortion：以下「電流THD」と表記）と同期PWMの場合の電流THDとを比較して示した図である。同期PWMの場合、モータ3に印加される電圧のアンバランスが抑制されるので、図8に示すように、同期PWMの場合の電流THDは、非同期PWMの場合の電流THDよりも小さくなる。その結果、同期PWMの場合では、電流の歪みにより発生するトルク脈動が抑制でき、モータ3の回転数の脈動による振動及び騒音の発生を抑制することが可能となる。

[0037] なお、非同期PWMの場合、電圧指令に対してキャリア周波数が十分高い場合には出力電圧の歪を抑制することが可能であるが、電圧指令に対してキャリア周波数が低い場合には出力電圧の歪を抑制することは困難である。これに対し、同期PWMの場合、上述の通り、電圧指令に対してキャリア周波数が低い状態でも電流の脈動を抑制することが可能となる。このため、本実施の形態に係る同期PWMの場合、従来の非同期PWMに比べてキャリア周波数を低減させた状態でも、モータ3を安定して駆動することが可能となる。

[0038] 図9は、キャリア周波数と発生ノイズ及び漏洩電流とを従来と比較した比較図である。キャリア周波数を低減させた場合、スイッチング素子5a～5fのスイッチング回数が低減するため、インバータ2で発生するノイズ及びモータ3から漏洩する電流は、図9に示すように、従来に比べて、低くすることが可能となる。

[0039] なお、非同期PWMにおいて、電圧指令の周波数に対してキャリアの周波数の値が接近すると、電流THDが増加する傾向にあるため、電圧指令の周波数に対して、キャリア周波数は10倍以上となるように設定することが一般的であり、且つ、必要条件でもある。これに対し、同期PWMでは電圧指

令の周波数に対して、キャリア周波数が3倍でも電流THDの増加を抑制することができるため、ノイズ及び漏洩電流の発生量を低減させることが可能となる。また、キャリア周波数を小さくすることにより、スイッチング回数が減るため、スイッチング素子5a～5fのスイッチングによる損失を、低く抑えることが可能となり、インバータ2の高効率化にも寄与する。

[0040] 以上のように、本実施の形態に係るモータ駆動装置では、モータ駆動装置に具備されるインバータは、起動運転時には交流電圧の周波数の第1の整数倍のキャリア周波数でPWM変調された第1のPWM信号でスイッチング素子を動作させ、その後第1の整数よりも小さい第2の整数を乗じたキャリア周波数でPWM変調された第2のPWM信号でスイッチング素子を動作させることとした。これにより、キャリア周波数を低減させた状態においても、モータの騒音及び振動を抑制した安定駆動化と、キャリア周波数低減による低ノイズ化との両立を図ることが可能となる。

[0041] なお、起動時または起動運転時とは、装置を起動してから、装置の動作が安定するまでの期間を意味する。後述するヒートポンプ装置の例で言えば、冷媒が安定するまでの期間である。冷媒が安定するとは、冷媒の吸入圧力と、冷媒の吐出圧力との差がある閾値を超えた場合を意味する。ノイズまたは漏洩電流が収まった時点を、冷媒が安定する時点と言い換えてもよい。

[0042] また、近年では、モータ3の高効率化のためにステータのスロットに巻かれる巻線の占積率を向上させる取り組みとして、ポリエチレンテレフタレートフィルム（polyethylene terephthalate：以下「PETフィルム」と略記）などの薄い素材が絶縁素材として用いられている。PETフィルムは、従来の絶縁素材に比べて静電容量が大きく、漏洩電流が増加する傾向にある。一方、本実施の形態の技術を用いてキャリア周波数を低減させることにより、PETフィルムを用いた場合においてもノイズ及び漏洩電流の低減が可能となり、外付けに特別な装置を取り付けることなく、ノイズ及び漏洩電流の対策が可能となり、コストの削減だけでなく、巻線の占積率を向上させることもでき、モータ駆動の高効率化を図ることができるという効果が得られる

。

[0043] また、インバータ2を構成するスイッチング素子5 a～5 fおよびダイオード6 a～6 fについては、ケイ素（Silicon：S i）で構成された素子（以下「S i 素子」と称する）を使用するのが一般的であるが、高耐圧及び高温動作が可能なワイドバンドギャップ半導体である炭化ケイ素（Silicon Carbide：S i C）、窒化ガリウム（Gallium Nitride：G a N）、ダイヤモンド等で構成された素子を用いてもよい。

[0044] なお、ワイドバンドギャップ半導体で構成されたスイッチング素子5 a～5 fは、スイッチングスピードが速く、電圧の時間変化 dV/dt が高いため、ノイズの発生量が高くなる課題がある。一方、本実施の形態に示す同期PWMを用いることにより、キャリア周波数を低く設定することが可能となるため、ノイズの発生を抑制することができるという効果が得られる。

[0045] さらに、ワイドバンドギャップ半導体は、S iに比べて損失が低いため、同期PWMによるスイッチング回数低減によるインバータ2の高効率化に加えて、さらに損失を低減させることができるという効果が得られる。

[0046] 加えて、ダイオード6 a～6 fは、インバータ2によるモータ3の駆動中にスイッチング素子5 a～5 fのスイッチング動作がオフするタイミング（例えばデッドタイム）において、還流電流または回生電流が流れるが、ワイドバンドギャップ半導体で構成されたダイオード6 a～6 fは、S iに比べて損失が低いため、還流電流または回生電流が流れる動作中において、インバータ2の損失を抑制することができるという効果が得られる。

[0047] なお、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（Super Junction）構造のMOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）を用いてもよい。この場合、インバータ2のスイッチング素子5 a～5 fおよびダイオード6 a～6 fのうちの何れか1つでもワイドバンドギャップ半導体または、スーパージャンクション構造のMOSFETを使用すれば、上記した効果を得ることが可能である。

[0048] なお、インバータ制御部4は、CPU（Central Process

ing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、マイクロコンピュータ (マイコン) の離散システムで構成可能であり、他にアナログ回路、デジタル回路等の電気回路素子などで構成してもよい。

[0049] つぎに、本実施の形態に係るモータ駆動装置 30 の応用例について説明する。図 10 は、本実施の形態に係るモータ駆動装置をヒートポンプ装置に適用した場合の概略構成図である。図 10 に示すヒートポンプ装置 100 では、モータ 3 及び圧縮機構 50 を有する圧縮機 51 と、四方弁 59 と、熱交換器 52 と、膨張機構 61 と、熱交換器 57 とが配管により順次接続されて構成されている。以下、ヒートポンプ装置 100 について、さらに詳細に説明する。

[0050] 図 11 は、本実施の形態に係るヒートポンプ装置 100 の回路構成図であり、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、縦軸は冷媒圧力を示す。

[0051] ヒートポンプ装置 100 は、圧縮機 51 と、熱交換器 52 と、膨張機構 53 と、レシーバ 54 と、内部熱交換器 55 と、膨張機構 56 と、熱交換器 57 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 58 を備える。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、ヒートポンプ装置 100 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 が順次接続される。

[0052] 熱交換器 52 には、水が循環する水回路 63 が接続される。なお、水回路 63 には、給湯器、ラジエータ、床暖房等の放熱器等の水を利用する装置が接続される。

- [0053] 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５９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。
- [0054] 圧縮機５１で高温高圧となった気相冷媒（図１２の点１）は、圧縮機５１から吐出され、凝縮器であり放熱器となる熱交換器５２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６３を循環する水が温められ、暖房および給湯に利用される。
- [0055] 熱交換器５２で液化された液相冷媒は、膨張機構５３で減圧され、気液二相状態になる（図１２の点３）。膨張機構５３で気液二相状態になった冷媒は、レシーバ５４で圧縮機５１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５４で液化された液相冷媒は、主冷媒回路５８と、インジェクション回路６２とに分岐して流れる。
- [0056] 主冷媒回路５８を流れる液相冷媒は、膨張機構６１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６２を流れる冷媒と内部熱交換器５５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５５で冷却された液相冷媒は、膨張機構５６で減圧されて気液二相状態になる（図１２の点６）。膨張機構５６で気液二相状態になった冷媒は、蒸発器となる熱交換器５７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５７で加熱された冷媒は、レシーバ５４でさらに加熱され（図１２の点８）、圧縮機５１に吸入される。
- [0057] 一方、インジェクション回路６２を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構６１で減圧されて（図１２の点９）、内部熱交換器５５で熱交換される（図１２の点１０）。内部熱交換器５５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５１のインジェクションパイプから圧縮機５１内へ流入する。
- [0058] 圧縮機５１では、主冷媒回路５８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）。

[0059] 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６１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６１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６１の開度を所定の開度より小さくする。これにより、圧縮機５１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６１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。

[0060] 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５９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、冷凍することなども含む。

[0061] 圧縮機５１で高温高圧となった気相冷媒（図１２の点１）は、圧縮機５１から吐出され、凝縮器であり放熱器となる熱交換器５７で熱交換されて液化する（図１２の点２）。熱交換器５７で液化された液相冷媒は、膨張機構５６で減圧され、気液二相状態になる（図１２の点３）。膨張機構５６で気液二相状態になった冷媒は、内部熱交換器５５で熱交換され、冷却され液化される（図１２の点４）。内部熱交換器５５では、膨張機構５６で気液二相状態になった冷媒と、内部熱交換器５５で液化された液相冷媒を膨張機構６１で減圧させて気液二相状態になった冷媒（図１２の点９）とを熱交換させている。内部熱交換器５５で熱交換された液相冷媒（図１２の点４）は、主冷媒回路５８と、インジェクション回路６２とに分岐して流れる。

[0062] 主冷媒回路５８を流れる液相冷媒は、レシーバ５４で圧縮機５１に吸入される冷媒と熱交換されて、さらに冷却される（図１２の点５）。レシーバ５４で冷却された液相冷媒は、膨張機構５３で減圧されて気液二相状態になる

(図12の点6)。膨張機構53で気液二相状態になった冷媒は、蒸発器となる熱交換器52で熱交換され、加熱される(図12の点7)。このとき、冷媒が吸熱することにより、水回路63を循環する水が冷やされ、冷房、冷凍などに利用される。そして、熱交換器52で加熱された冷媒は、レシーバ54でさらに加熱され(図12の点8)、圧縮機51に吸入される。

[0063] 一方、インジェクション回路62を流れる冷媒は、上述したように、膨張機構61で減圧されて(図12の点9)、内部熱交換器55で熱交換される(図12の点10)。内部熱交換器55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51のインジェクションパイプから流入する。圧縮機51内での圧縮動作については、暖房運転時と同様である。

[0064] 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61の開度を全閉にして、圧縮機51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。

[0065] また、上記説明では、熱交換器52は、冷媒と、水回路63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52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63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。

[0066] 以上の説明のように、ヒートポンプ装置100では、圧縮機51内を冷媒が循環しており、モータ3は圧縮機51内に内蔵されているため、冷媒の状況により図10に示す浮遊容量19aが変化する。特にヒートポンプ装置100が運転停止している場合には、圧縮機51内に冷媒が液化して滞留することがあり、特に圧縮機51内のモータが浸かるまで液冷媒が増加した場合には、モータ3と圧縮機51との間の静電容量が変化するため、図10中の浮遊容量19aが大きくなり、インバータ2が動作すると発生するノイズ、漏洩電流Iが大きくなり対地(アース)等を介してモータ駆動装置30全体にも悪影響を及ぼすおそれがある。また、漏洩電流が増加すると作業等が

ヒートポンプ装置 100 に触れた際に感電するおそれがある。また、モータ駆動装置 30 と対地（アース）との間にも浮遊容量 19 b が存在し、ノイズの増加につながる。

[0067] そのため、圧縮機 51 内のモータ 3 を起動する際に、本実施の形態で述べた同期 PWM を適用する。本実施の形態に係る同期 PWM を適用すれば、一般的に用いられるキャリア周波数である数 kHz に対して、例えば起動時の周波数が 10 Hz の場合は、電圧指令とキャリア周波数が 9 倍の関係にある場合には 90 Hz と大幅にキャリア周波数を低減でき、起動時における圧縮機 51 内の冷媒が安定していない場合に、ノイズ及び漏洩電流を抑制することが可能となる。

[0068] ただし、キャリア周波数が極端に低い場合、ヒートポンプ装置 100 の冷媒配管等の共振周波数と一致することにより配管振動による配管折れ、低周波騒音などの発生が生じる可能性があるため、ノイズ、漏洩電流を考慮した上で一般的に用いられるキャリア周波数より低い値に設定することが望ましい。

[0069] 図 13 は、図 11 に示すヒートポンプ装置に本実施の形態に係る制御手法を適用した場合のキャリア周波数の変化を示すタイムチャートであり、図 13 (a) は、モータ 3 の回転数の変化を示し、図 13 (b) は、モータの回転数に対するキャリア周波数の変化を従来との比較で示し、図 13 (c) は、発生ノイズおよび漏洩電流を従来との比較で示している。

[0070] 図 13 (b) および図 13 (c) に示すように、冷媒が安定しない起動時においては、モータ 3 の回転数に応じてキャリア周波数を増加させていくことにより、キャリア周波数を一定とした従来の場合との比較において、起動時にノイズ及び漏洩電流が許容値を超過することを抑制することができる。その際、モータ 3 の回転数の傾きについては、冷媒の安定時間などを考慮し、ノイズ及び漏洩電流の許容値を超過しない範囲で決めることが望ましい。

[0071] また、電圧指令とキャリア周波数が 9 倍の関係、すなわち 9 パルス動作を行う場合には、例えば電圧指令の周波数が 110 Hz となるとキャリア周波

数は990Hzとなる。この状態からモータ3の回転数を上昇させていくと、電圧指令の周波数が上昇し、仮に従来のキャリア周波数が1kHzの場合、その値を超過し、発生ノイズ及び漏洩電流が増加するおそれがある。そのため、図13に示すように、従来のキャリア周波数を超えるような場合には（図中のA点）、電圧指令の周波数とキャリア周波数とが6倍の関係、すなわち6パルス動作を行うように、キャリア周波数を6/9倍に低減する。キャリア周波数を6/9倍に低減することにより、発生ノイズ及び漏洩電流を低減することができる。さらに、モータ3の回転数を増加させた場合には（図中のB点）、電圧指令とキャリア周波数とが3倍の関係となるように制御することで、従来のキャリア周波数以下で動作させることが可能となり、起動から通常運転までの間、発生ノイズ及び漏洩電流の発生を抑制することができる。

[0072] 以上、9パルス、6パルス及び3パルスの動作切替について説明したが、9パルスを超えるパルス数（例えば21パルス、15パルス、12パルス）で制御しても何ら問題ないことは言うまでもない。この際、電圧指令の周波数とキャリア周波数との間の3n倍（2相変調の併用を考慮すれば整数倍）の比が維持されるようにパルス数を切替えることが肝要な点である。また、同一数のパルスを出力する期間では、モータ3の回転数を増加させる際に、電圧指令の周波数とキャリア周波数との間の整数倍の比が維持されるように、電圧指令の周波数とキャリア周波数とを増加させて行くことが肝要な点である。以上の制御動作により、前述の効果をを得ることができる。なお、揺らぎ等で瞬間的に整数倍の関係が崩れることもあるが、そのような場合も整数倍の関係にあることは言うまでもない。

[0073] また、近年のヒートポンプ装置100の省エネ指標として通年エネルギー消費効率（Annual Performance Factor: APF）が用いられており、定格運転よりも低速運転及び軽負荷運転である中間条件での効率改善が望まれている。このため、中間条件において、本実施の形態で説明した同期PWMを適用することにより、インバータ2のスイッチン

グ素子 5 a ～ 5 f のスイッチング回数を減らすことができ、スイッチング損失の低減、またキャリア周波数の低減によるモータ 3 に流れる電流の歪みも解消されるため、モータ 3 に発生する高周波鉄損を低減することができ、高効率化を図ることが可能となる。また、発生するノイズ及び漏洩電流を抑制することができるので、対策部品も安価となり、低コスト化を図ることが可能となる。

[0074] さらに、図 3 及び図 5 に示す電圧指令である三相変調に代わり、図 1 4 に示すような二相変調を行ってもよい。図 1 4 は、発生ノイズ及び漏洩電流を三相変調と二相変調との間で比較した図である。図 1 4 (a) では、キャリアを実線で示し、二相変調による電圧指令 V_u^* を太破線で示している。図 1 4 (a) に示すような二相変調による電圧指令 V_u^* を生成してスイッチング素子 5 a ～ 5 f を制御すれば、三相変調と同一の出力電圧を実現しつつ、スイッチング素子 5 a ～ 5 f のスイッチング回数を $2/3$ に低減させることが可能である。なお、スイッチング回数が $2/3$ に低減されるため、インバータ 2 のスイッチング損失が約 $2/3$ になることは当然の帰結であるが、ヒートポンプ装置 1 0 0 において発生するノイズ及び漏洩電流も、図 1 4 (b) に示すように、約 $2/3$ に減少することが知られている。このため、電圧指令とキャリア周波数とを整数倍の関係で制御する同期 PWM と二相変調とを併用することにより、更なる高効率を図ることが可能となり、ノイズ及び漏洩電流の発生を抑制することも可能となる。

[0075] また、近年のヒートポンプ装置 1 0 0 のモータ駆動装置 3 0 では、従来のカレントトランスに代わり、低コスト化を目的として、図 1 の電流検出部 8 にシャント抵抗を設け、インバータ 2 のスイッチング素子 5 a ～ 5 f のスイッチングタイミングに応じて、モータ 3 に流れる電流を検出する技術がある。

[0076] その際、上記特許文献 2 によれば、キャリア周波数を下げ、電流の通流幅を広げることで検出を容易にすることが可能であるとの記載がなされている。しかしながら、非同期 PWM の場合、キャリア周波数を低減させると出力

電圧のアンバランスが発生し、モータ 3 に流れる電流が歪むため、安定した運転が困難であるという課題が解決できない可能性が高い。

[0077] 一方、本実施の形態で提案した上記技術を用いれば、従来技術が非同期 PWM の運転周波数の 10 倍のキャリア周波数を使用するのに対して、キャリア周波数を運転周波数の 3 倍程度まで低くすることが可能となる。図 15 は、キャリア周波数の大小による直流電流検出範囲を比較した図であり、図 15 (a) は、キャリア周波数が大きいときの電流検出範囲を示す図であり、図 15 (b) は、キャリア周波数が小さいときの電流検出範囲を示す図である。なお、シャント抵抗で電流を検出する場合、配線インピーダンス等によるリングングに影響されないハッチングで示す期間において検出が可能であり、この期間を電流検出範囲と定義している。

[0078] 本実施の形態で提案した上記技術を用いれば、図 15 (a) と図 15 (b) との比較から明らかなように、電流の通流幅がさらに広がり電流の検出が容易になる。また、電流の検出が容易になるだけでなく、電流の歪みが抑制された状態での電流検出が可能となるため、モータ 3 の安定駆動が可能となる。

[0079] さらに、近年は、圧縮機 51 の低コスト化を目的としてシングルロータリー型の圧縮機が広く用いられている。シングルロータリー型の圧縮機は、1 回転あたりの回転角に同期した負荷トルク脈動が発生する。このため、負荷トルクが大きい回転角になると回転数が低下し、負荷トルクが小さい回転角になると回転数が増加するため、圧縮機 51 内のモータ 3 の回転数が脈動することにより、ヒートポンプ装置 100 内の配管などに振動が伝わり、配管折れなどによる冷媒漏れが発生するおそれがある。

[0080] このような課題に対し、回転角に同期した負荷トルクに応じて、フィードフォワード制御もしくはフィードバック制御により回転数指令を増減させる、またはトルク指令を増減させることで回転数の脈動を抑制し振動を抑制する技術が提案されている。しかし、同期 PWM を用いた場合は、回転数指令の変化に追従できず電流波形が歪み、インバータ 2 の過電流、モータ 3 の脱

調により停止するおそれがある。そこで、回転数指令、トルク指令が変化する場合には、あらかじめ変化量を考慮した上でキャリア周波数を補正することで電流の歪みを低減させることが可能である。

[0081] また、圧縮機 5 1 内のモータ 3 に流れる電流が脈動している場合、電流が高いところでモータ 3 の巻線抵抗による損失が大きくなるという課題がある。この課題に対し、電流の脈動に合わせてモータ 3 の回転数指令を増減させることで、電流脈動を抑制し、モータ 3 の高効率化を図る技術が提案されている。その場合、モータ 3 の回転数が常に変動しているため、同期 PWM を用いた場合、回転数の変動に対してキャリア周波数を同期させることが困難であり、整数倍の関係が崩れると電流波形が歪み、インバータ 2 の過電流、モータ 3 の脱調により停止するおそれがある。そこで、回転数指令の変化量を考慮した上で、目標とするキャリア周波数を補正するようにすれば、回転数の変動に対しても、キャリア周波数の同期を確実に行うことができるので、電流の歪みを抑制することが可能となる。

[0082] また、電流脈動によってモータ 3 の回転数が変動している場合に、キャリア周波数を補正するようにすれば、電流脈動による回転数の変動が抑制され、モータ 3 の回転数が一定となるように抑制することが可能となる。

[0083] また、電流脈動によってモータ 3 の回転数が変動している場合に、モータ 3 に流れる電流のピーク値が一定となるようにインバータ 2 が出力する電圧を制御するようにしても、電流脈動による回転数の変動が抑制され、モータ 3 の回転数が一定となるように抑制することが可能となる。

[0084] 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。

[0085] なお、以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

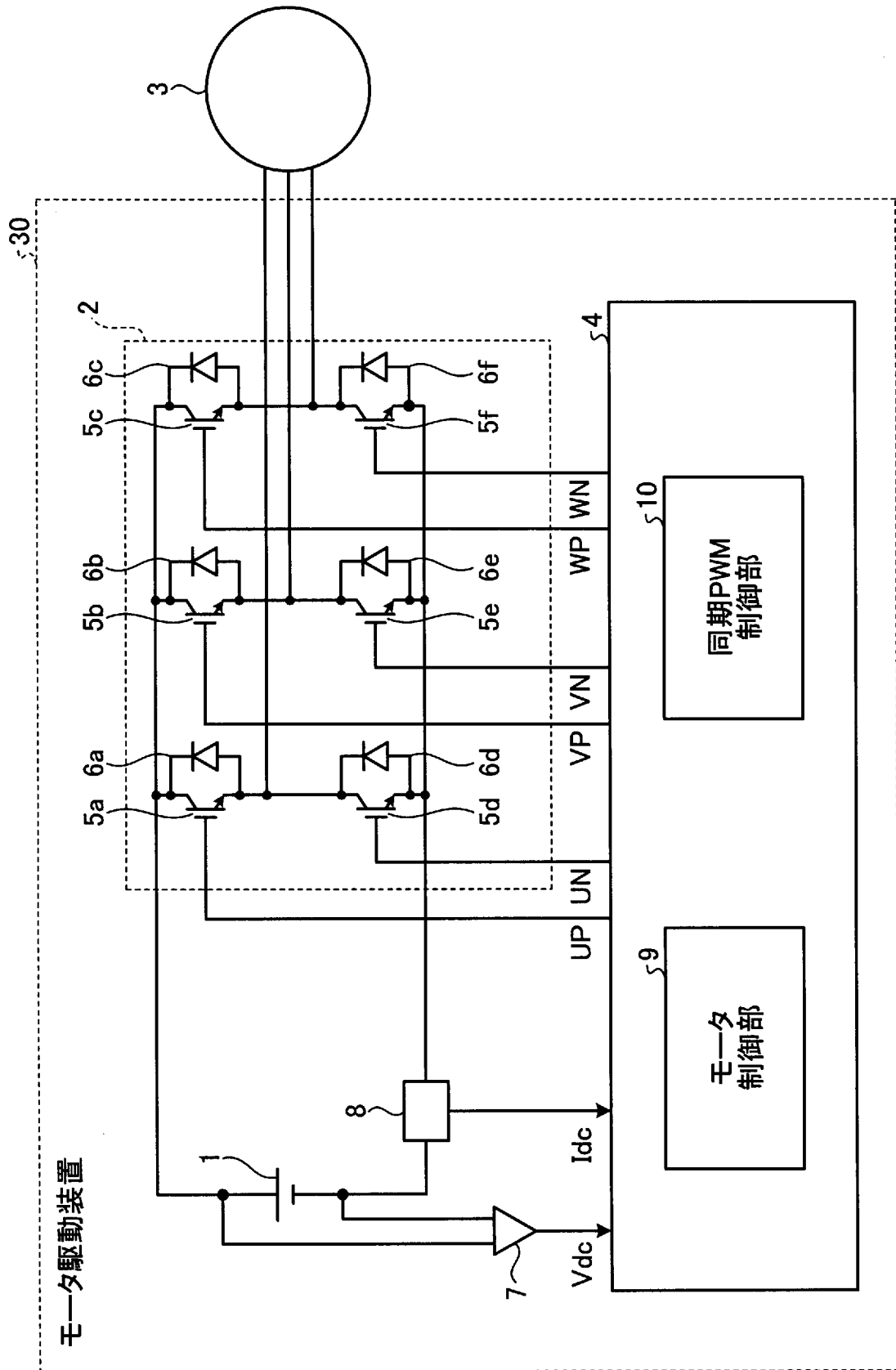
[0086] 1 直流電源、2 インバータ、3 モータ、4 インバータ制御部、5 a～5 f スイッチング素子、6 a～6 f ダイオード、7 直流電圧検出部、8 電流検出部、9 モータ制御部、10 同期PWM制御部、11 電流復元部、12 三相／二相変換部、13 位置及び速度推定部、14 速度制御部、15 電流制御部、16 電圧指令演算部、17 キャリア生成部、18 キャリア比較部、19 a, 19 b 浮遊容量、30 モータ駆動装置、50 圧縮機構、51 圧縮機、52, 57 熱交換器、53, 56, 61 膨張機構、54 レシーバ、55 内部熱交換器、58 主冷媒回路、59 四方弁、60 ファン、62 インジェクション回路、63 水回路、100 ヒートポンプ装置。

請求の範囲

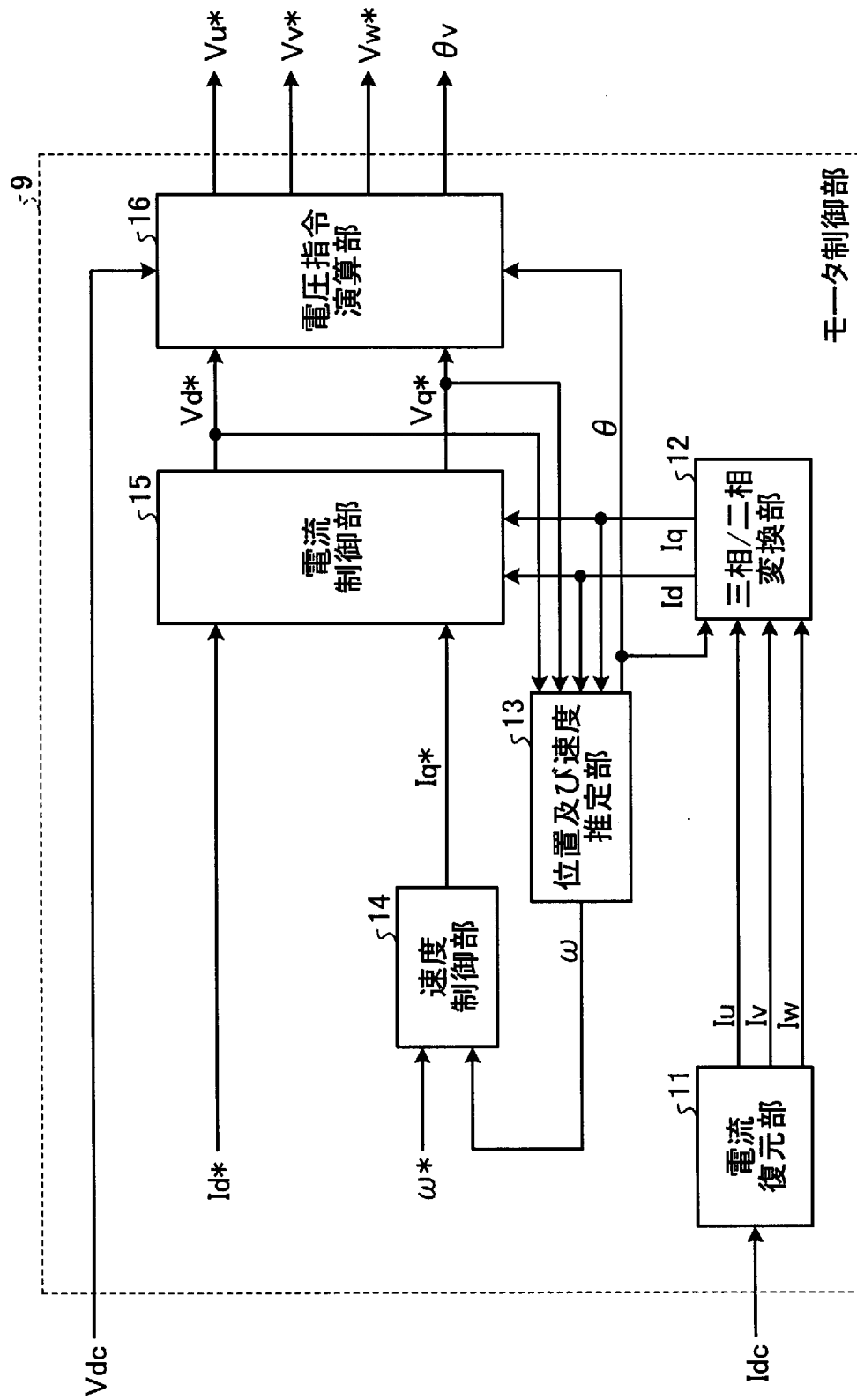
- [請求項1] モータの駆動に用いられ、前記モータに交流電圧を印加するインバータを備え、
- 前記インバータは、起動運転時には前記交流電圧の周波数の第1の整数倍のキャリア周波数でPWM変調された第1のPWM信号で前記インバータのスイッチング素子を動作させ、その後前記交流電圧の周波数の第2の整数倍のキャリア周波数でPWM変調された第2のPWM信号で前記スイッチング素子を動作させ、前記第2の整数は前記第1の整数よりも小さい、
- モータ駆動装置。
- [請求項2] 前記第1の整数倍のキャリア周波数および前記第2の整数倍のキャリア周波数が前記交流電圧の周波数の $3n$ 倍（ n は整数）の関係である請求項1に記載のモータ駆動装置。
- [請求項3] 前記第1および第2のPWM信号は、二相変調によって生成されたPWM信号である請求項1または2に記載のモータ駆動装置。
- [請求項4] 前記インバータは、さらに前記インバータの入力電流を検出するシャント抵抗を用いた電流検出部を備える請求項1または2に記載のモータ駆動装置。
- [請求項5] 前記インバータが出力する電圧は、前記モータに流れる電流が脈動している場合に、前記モータの回転数が一定となるように制御される請求項1から4の何れか1項に記載のモータ駆動装置。
- [請求項6] 前記インバータが出力する電圧は、前記モータに流れる電流が脈動している場合に、前記モータに流れる電流のピーク値が一定となるように制御される請求項1から5の何れか1項に記載のモータ駆動装置。
- [請求項7] 前記スイッチング素子の少なくとも一つはワイドバンドギャップ半導体によって形成された請求項1から6の何れか1項に記載のモータ駆動装置。

- [請求項8] 前記モータの絶縁には、PETフィルムを用いた請求項1から7の何れか1項に記載のモータ駆動装置。
- [請求項9] 請求項1から8の何れか1項に記載のモータ駆動装置を用いたヒートポンプ装置。
- [請求項10] 請求項1から8の何れか1項に記載のモータ駆動装置を用いた冷凍空調装置。

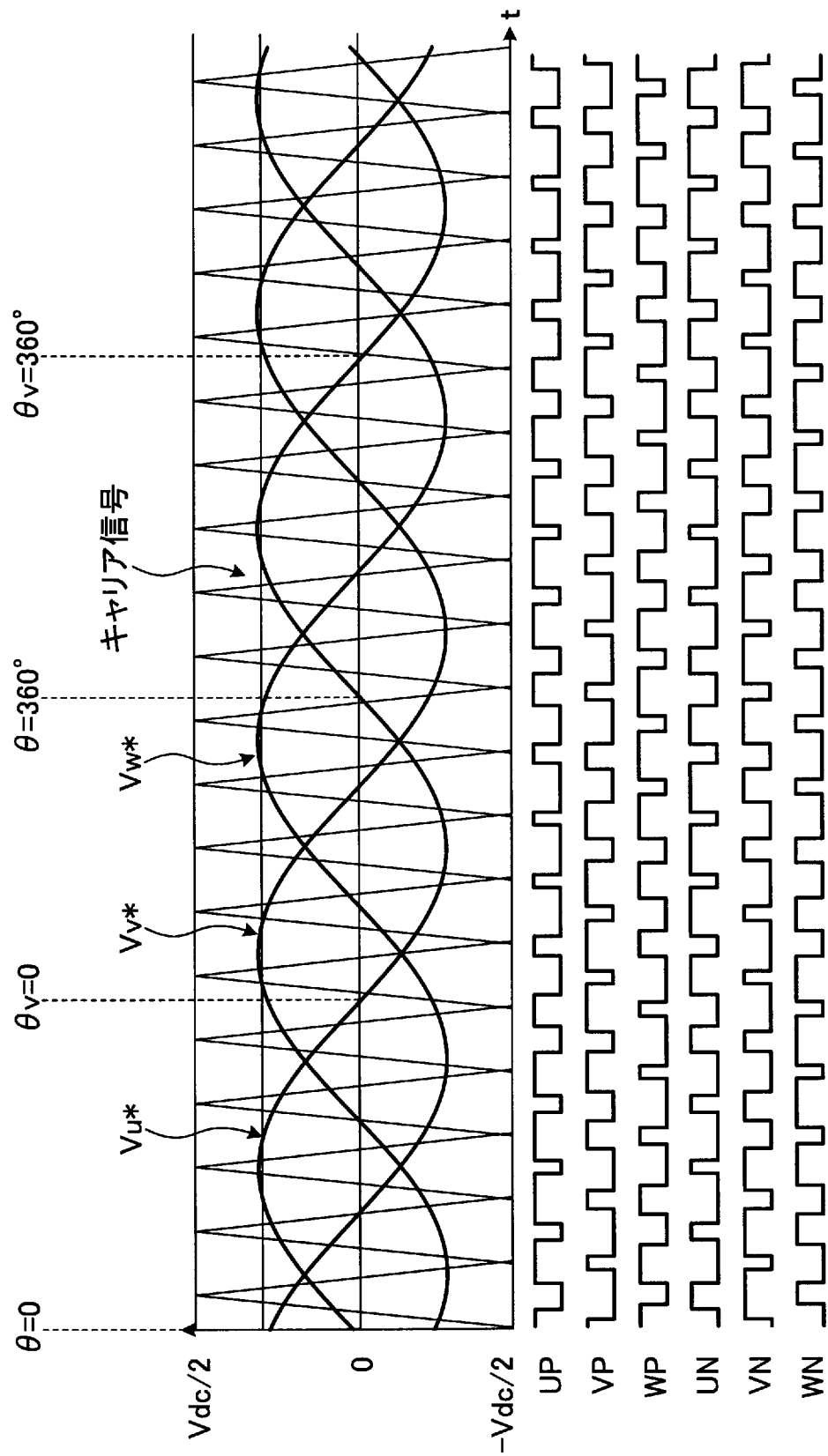
[図1]



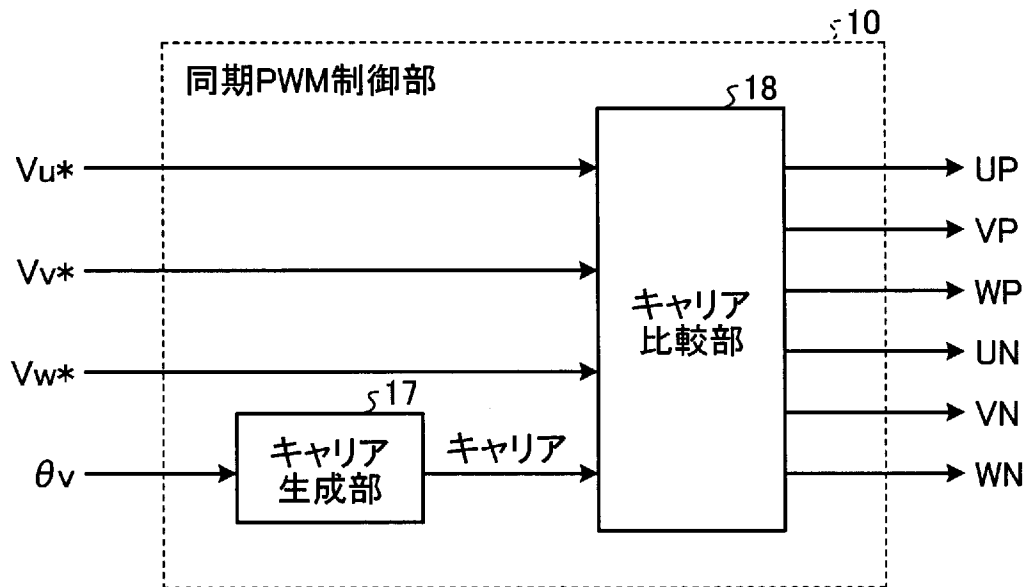
[図2]



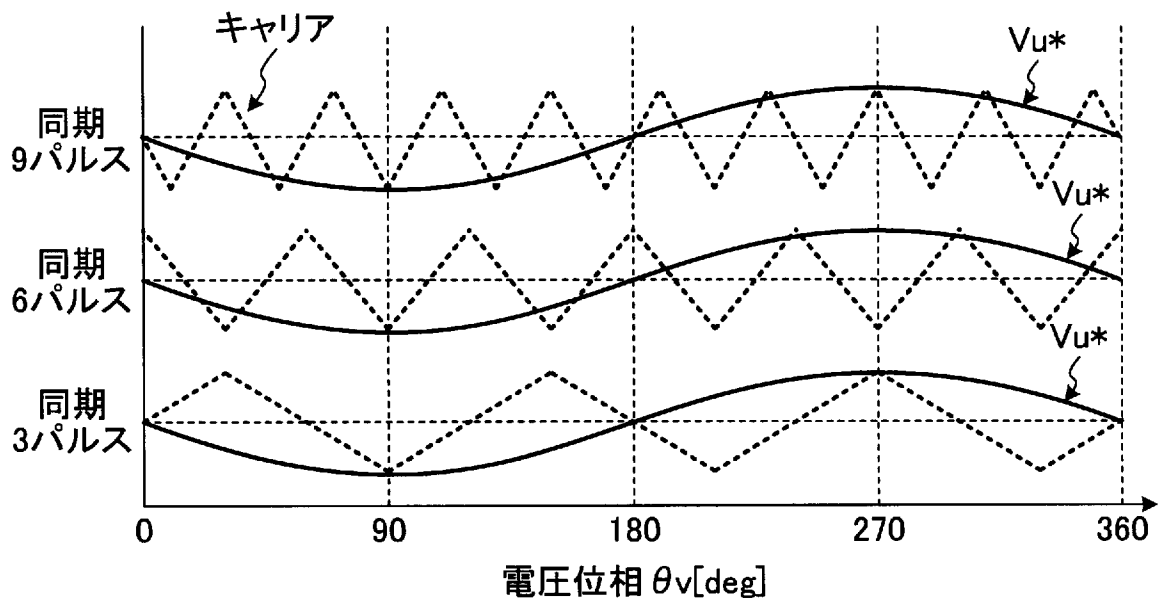
[図3]



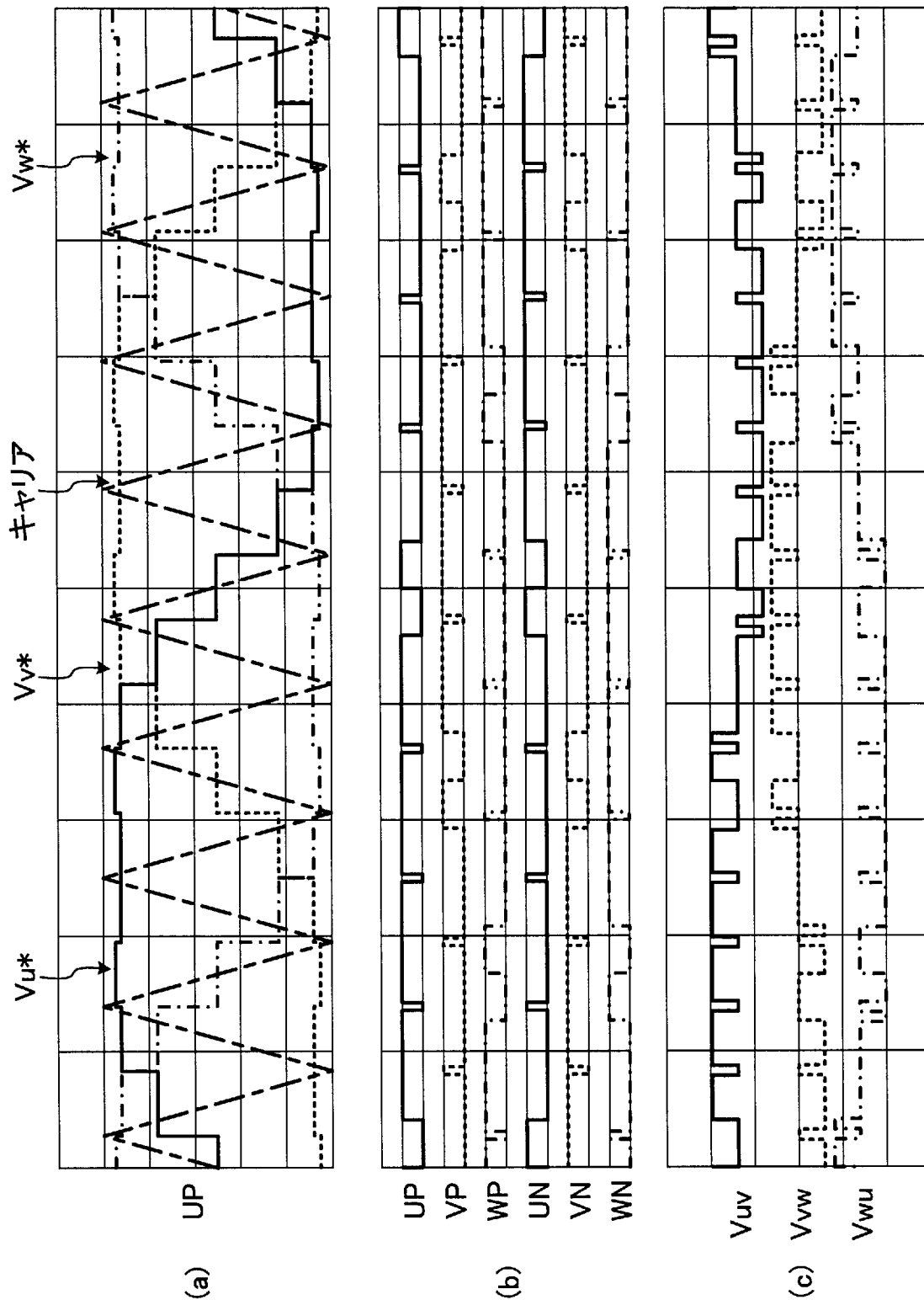
[図4]



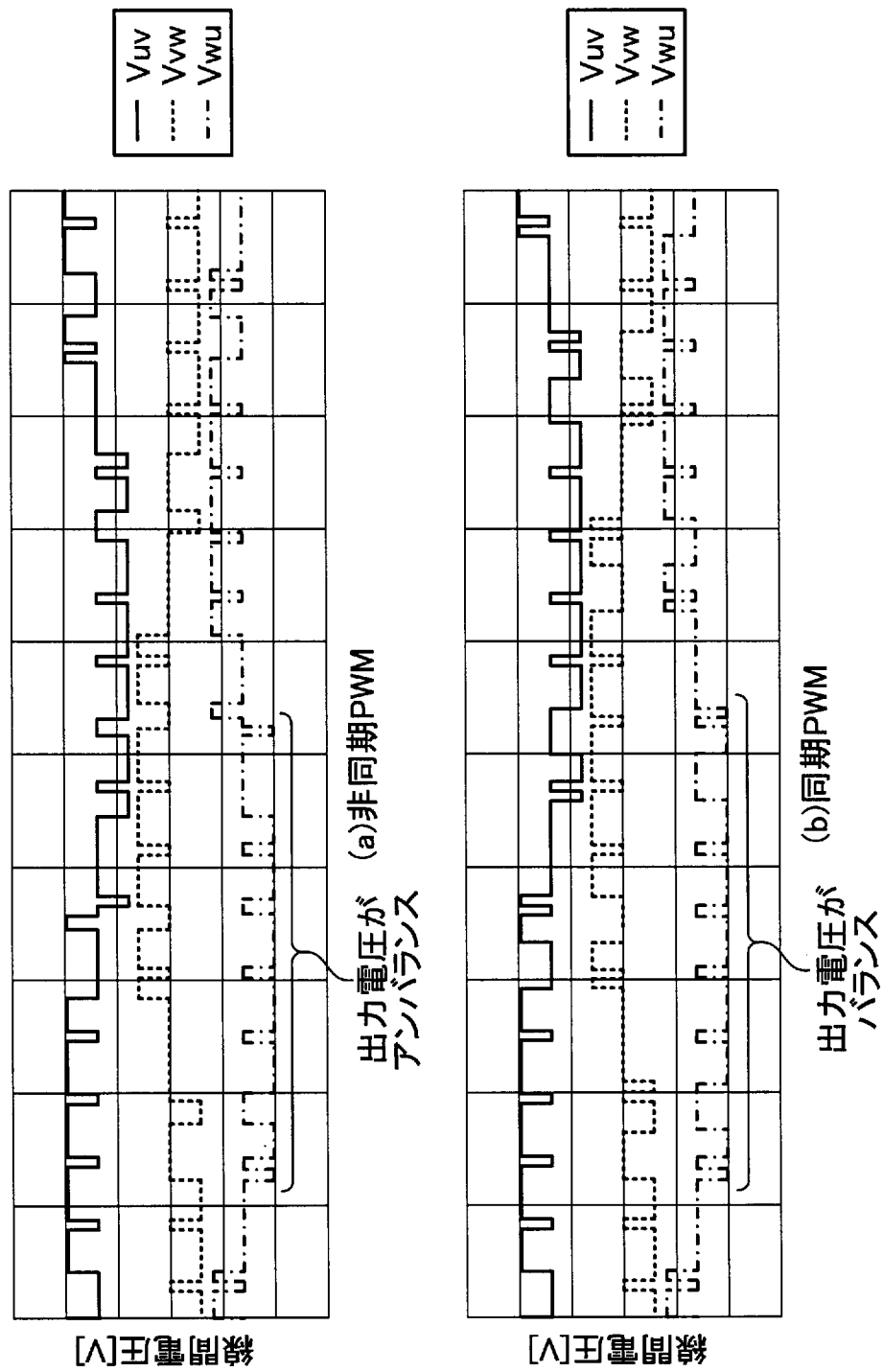
[図5]



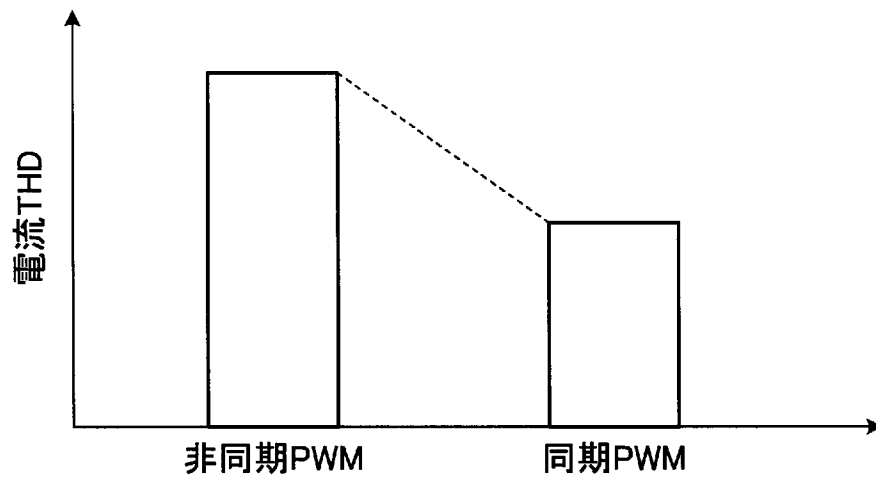
[図6]



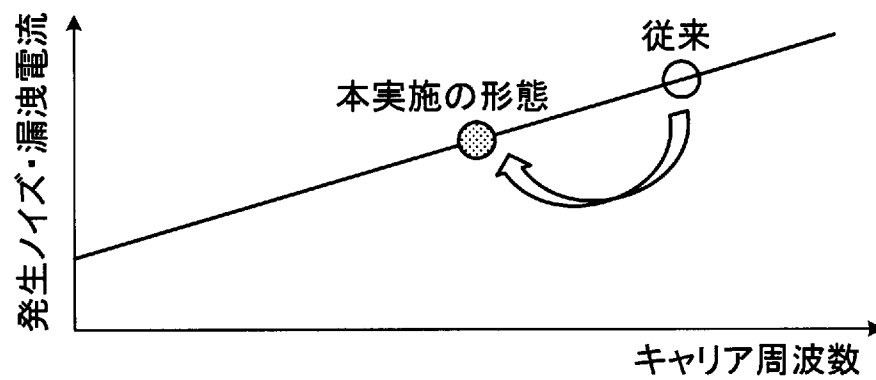
[図7]



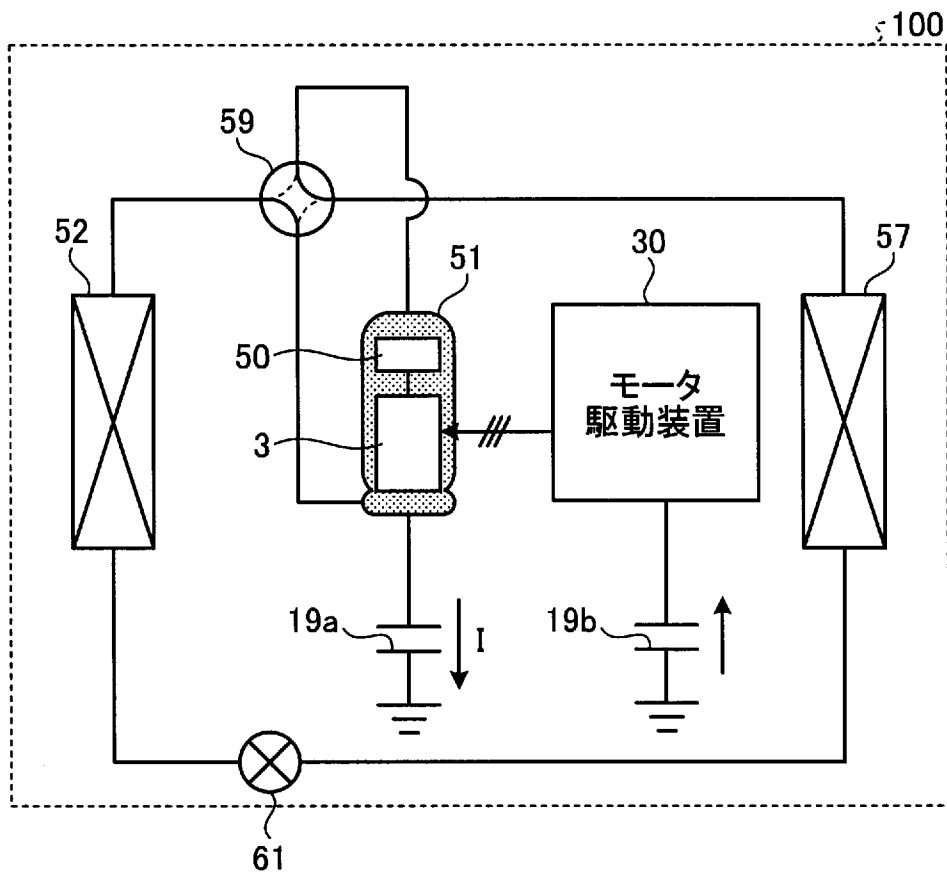
[図8]



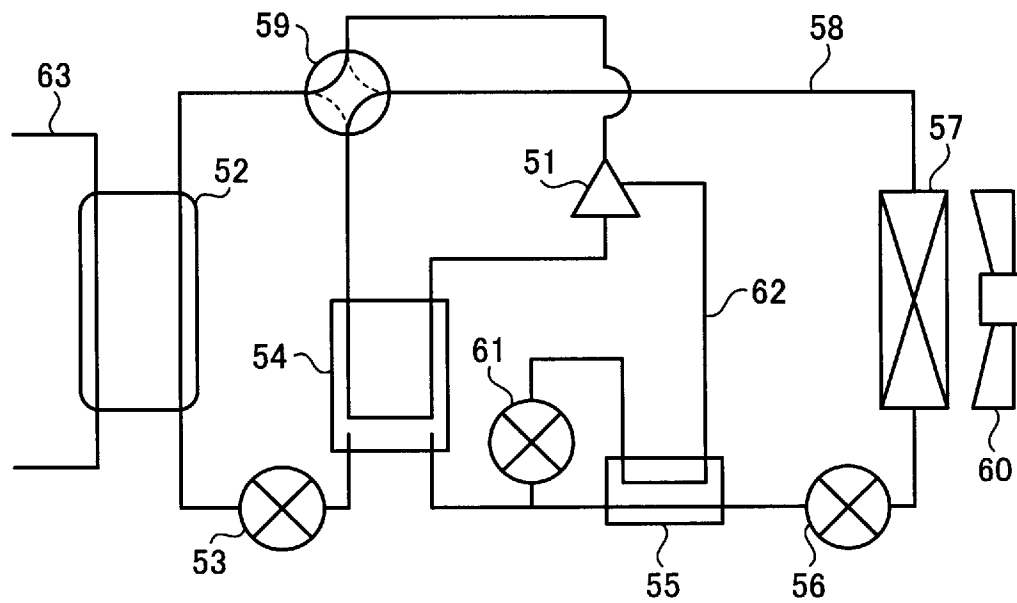
[図9]



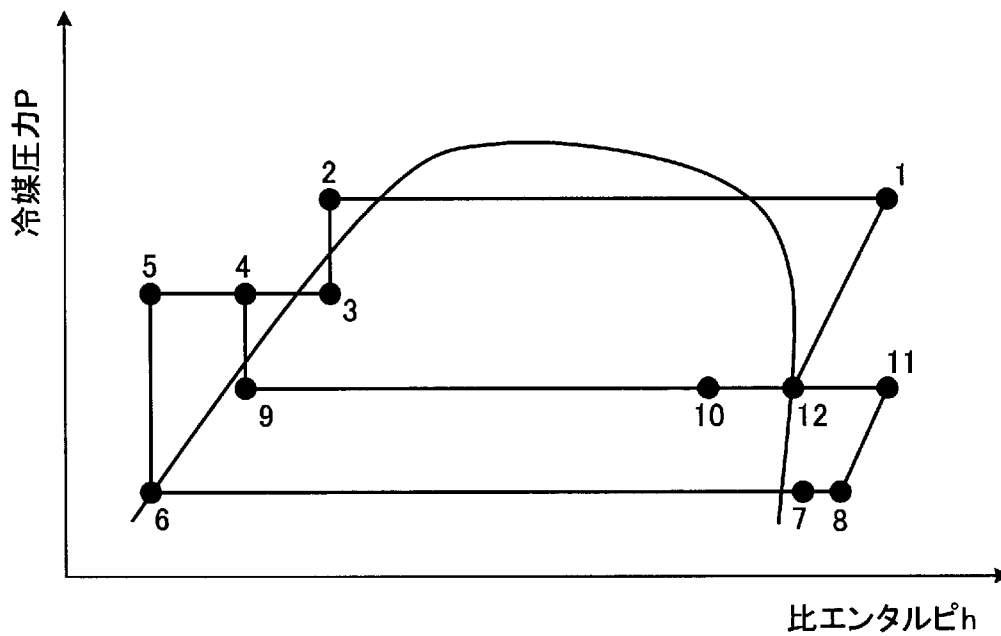
[図10]



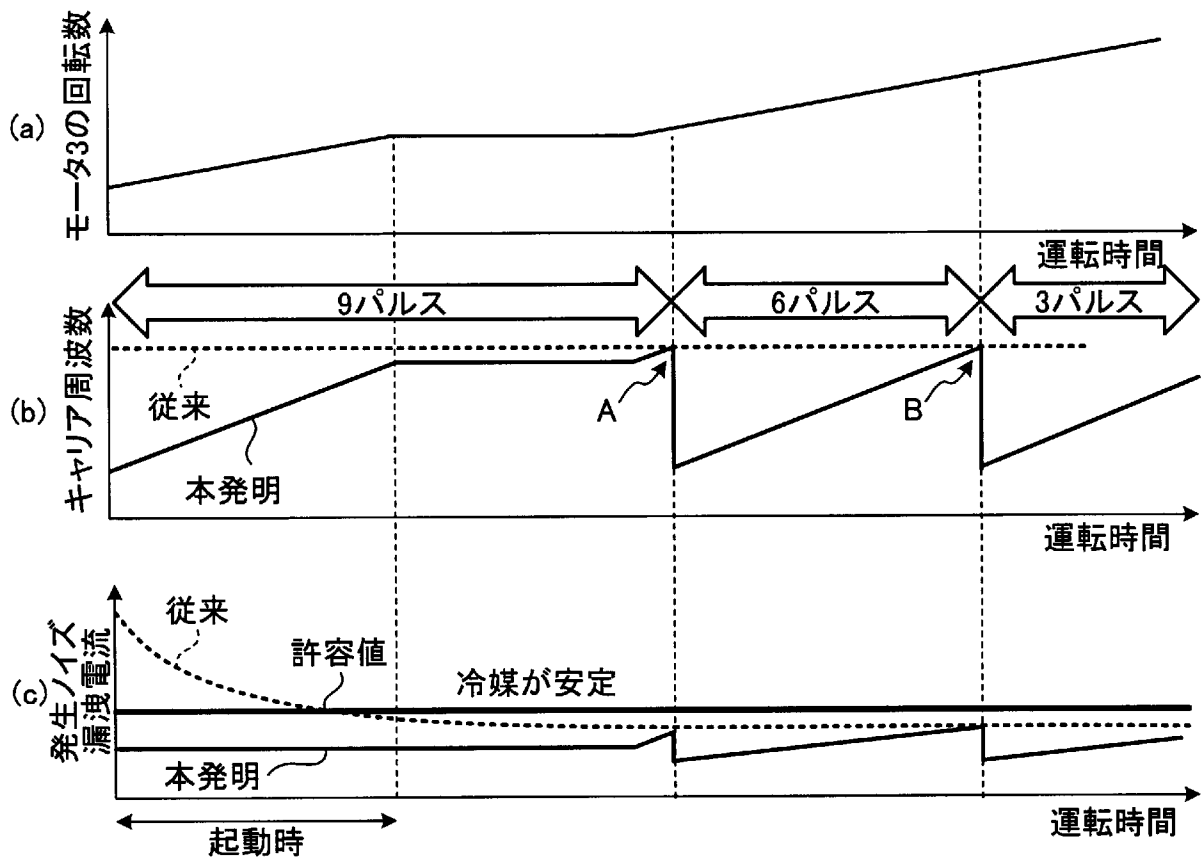
[図11]



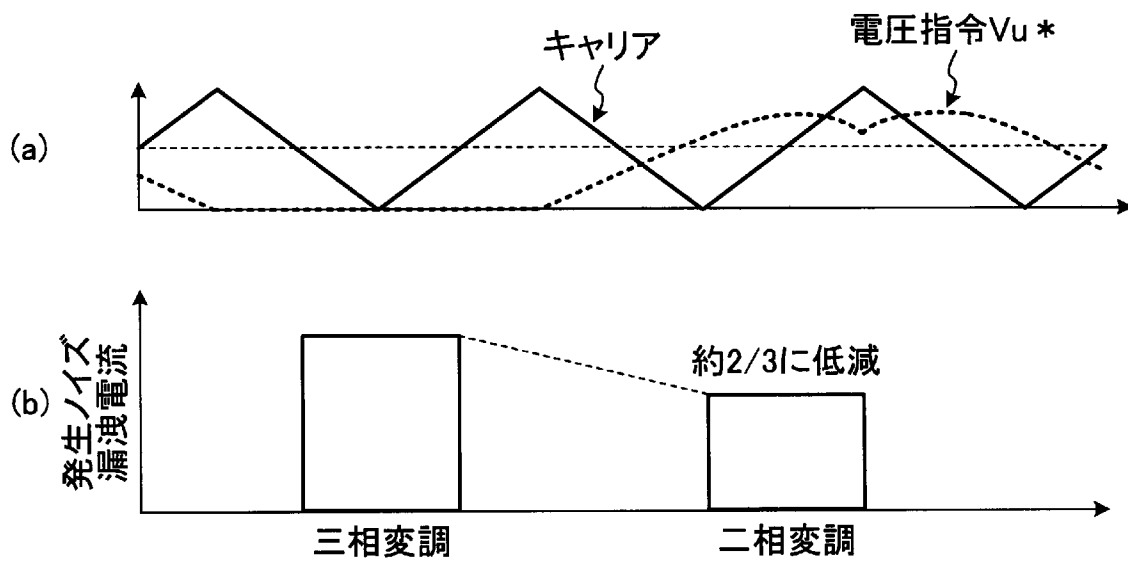
[図12]



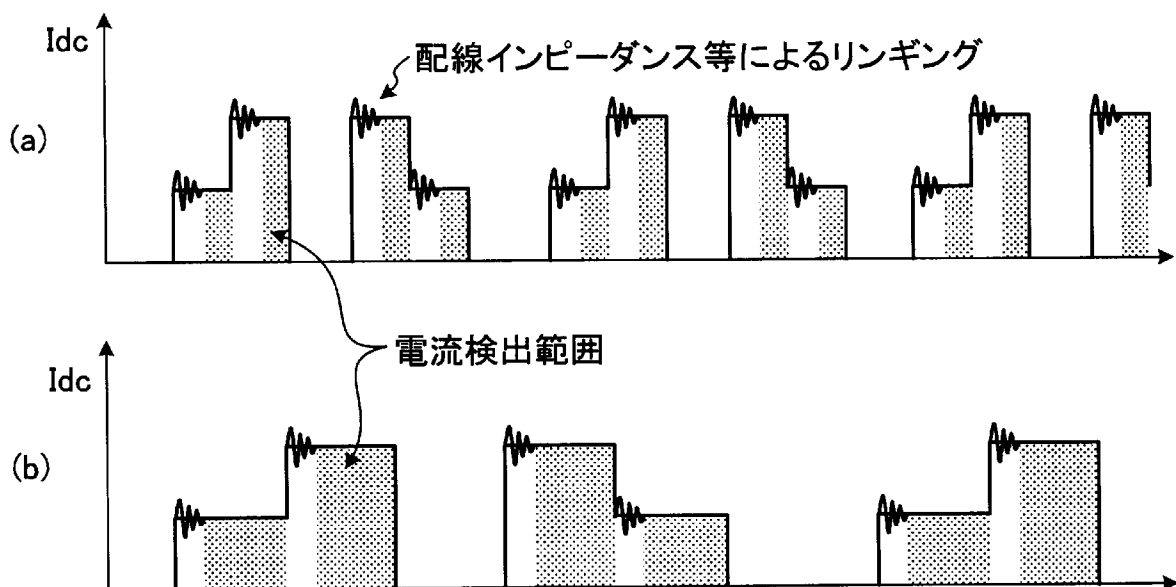
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026148

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P27/08(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)

H02P27/08

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X Y A	JP 60-174088 A (Fanuc Ltd.), 07 September 1985 (07.09.1985), page 1, lower right column, line 14 to page 2, upper left column, line 16; fig. 3 (Family: none)	1-2 3-4, 7-10 5-6
Y	WO 2017/037791 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 09 March 2017 (09.03.2017), claims 1 to 2, 5 to 6; paragraph [0059] (Family: none)	3-4, 7-10
Y	WO 2017/077599 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 11 May 2017 (11.05.2017), paragraph [0077] (Family: none)	8-10



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
25 September 2017 (25.09.17)

Date of mailing of the international search report
03 October 2017 (03.10.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026148

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 2014-27764 A (Hitachi, Ltd.), 06 February 2014 (06.02.2014), entire text; all drawings & EP 2690775 A2 entire text; all drawings	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. H02P27/08 (2006. 01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P27/08

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X Y A	JP 60-174088 A（フアナツク株式会社）1985.09.07, 第1頁右下欄 第14行—第2頁左上欄第16行, 第3図（ファミリーなし）	1-2 3-4, 7-10 5-6
Y	WO 2017/037791 A1（三菱電機株式会社）2017.03.09, 請求項1-2, 5-6, 段落[0059]（ファミリーなし）	3-4, 7-10
Y	WO 2017/077599 A1（三菱電機株式会社）2017.05.11, 段落[007 7]（ファミリーなし）	8-10

☒ 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

25.09.2017

国際調査報告の発送日

03.10.2017

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

3V

4031

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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 2014-27764 A (株式会社日立製作所) 2014.02.06, 全文, 全図 & EP 2690775 A2, 全文, 全図	1-10