

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6290028号
(P6290028)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.CI.

H02P 27/08 (2006.01)

F 1

H02P 27/08

請求項の数 6 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-154883 (P2014-154883)
 (22) 出願日 平成26年7月30日 (2014.7.30)
 (65) 公開番号 特開2016-32403 (P2016-32403A)
 (43) 公開日 平成28年3月7日 (2016.3.7)
 審査請求日 平成28年9月26日 (2016.9.26)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 110000567
 特許業務法人 サトー国際特許事務所
 (72) 発明者 前川 佐理
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 (72) 発明者 鈴木 信之
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 審査官 ▲桑▼原 恭雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】モータ制御装置、空気調和機、洗濯機及び冷蔵庫

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3相ブリッジ接続された複数のスイッチング素子を所定の PWM 信号パターンに従いオンオフ制御することで、直流を3相交流に変換するインバータ回路を介してモータを駆動するモータ制御装置において、

前記インバータ回路の直流側に接続され、電流値に対応する信号を発生する電流検出素子と、

前記モータの相電流に基づいてロータ位置を決定し、前記ロータ位置に追従するように3相の PWM 信号パターンを生成する PWM 信号生成手段と、

前記電流検出素子に発生した信号と前記 PWM 信号パターンとに基づいて、前記モータの相電流を検出する電流検出手段とを備え、

前記 PWM 信号生成手段は、前記電流検出手段が、前記 PWM 信号の搬送波周期内で固定された2点のタイミングで2相の電流を検出可能となるように、3相の PWM 信号パターンを生成するもので、

3相の PWM 信号のうち1相については、前記搬送波周期の任意の位相を基準として遅れ側、進み側の双方向にデューティを増減させ、

他の1相については、前記基準より前記搬送波周期の1/2離れた位相を基準として遅れ側、進み側の双方向にデューティを増減させ、

残りの1相については、前記搬送波周期の任意の位相を基準として遅れ側、進み側の一方にデューティを増減させることを特徴とするモータ制御装置。

10

20

【請求項 2】

前記 PWM 信号生成手段は、三角波を搬送波として使用し、

前記三角波の振幅が増加する区間を第 1 区間とし、振幅が減少する区間を第 2 区間とする。

3 相の PWM 信号のうち 2 相については、三角波振幅と PWM 指令との大小関係を比較して PWM 信号を出力するための比較条件が、前記第 1 及び第 2 区間を通じて一定であると共に、前記比較条件が互いの相で反転したものであり、

他の 1 相については、前記比較条件が前記第 1 区間と前記第 2 区間とで異なり、設定されたデューティの 2 倍値と前記搬送波振幅の最大値とを比較し、

前記デューティの 2 倍値が前記最大値よりも小さい場合は、前記第 1 及び第 2 区間の何れか一方の区間で出力される PWM 信号のデューティを前記最大値に設定すると共に、他方の区間で出力される PWM 信号のデューティを前記デューティの 2 倍値に設定し、

前記デューティの 2 倍値が前記最大値よりも大きい場合は、前記一方の区間で出力される PWM 信号のデューティを前記最大値の 2 倍から前記デューティの 2 倍値を減じた値に設定すると共に、前記他方の区間で出力される PWM 信号のデューティを前記最大値に設定することを特徴とする請求項 1 記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

圧縮機と、室外側熱交換器と、減圧装置と、室内側熱交換器とを有し、

前記圧縮機を構成するモータは、請求項 1 又は 2 記載のモータ制御装置により制御されるヒートポンプシステムを備えて構成されることを特徴とする空気調和機。

【請求項 4】

モータと、

このモータを制御する請求項 1 又は 2 記載のモータ制御装置とを有し、

前記モータが発生する回転駆動力により洗濯運転を行うことを特徴とする洗濯機。

【請求項 5】

圧縮機と、凝縮器と、蒸発器とを有するヒートポンプシステムを備え、

前記モータ制御装置は、前記圧縮機を構成するモータを駆動対象とし、前記ヒートポンプシステムにより乾燥運転を行うことを特徴とする請求項 4 記載の洗濯機。

【請求項 6】

圧縮機と、凝縮器と、蒸発器とを有し、

前記圧縮機を構成するモータは、請求項 1 又は 2 記載のモータ制御装置により制御される冷凍サイクルを備えて構成されることを特徴とする冷蔵庫。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、インバータ回路の直流部に配置される電流検出素子によって相電流を検出するモータ制御装置並びにそのモータ制御装置を用いて構成される空気調和機、洗濯機及び冷蔵庫に関する。

【背景技術】

【0002】

モータを制御するために U, V, W 各相の電流を検出する場合、インバータ回路の直流部に挿入した 1 つのシャント抵抗を用いて電流検出を行う技術がある。この方式で 3 相の全ての電流を検出するには、PWM (Pulse Width Modulation, パルス幅変調) キャリア (搬送波) の 1 周期内において、2 相以上の電流を検出できるように 3 相の PWM 信号パターンを発生させる必要がある。例えば図 2-1 に示すように (キャリアを鋸歯状波としている)、U, V 相のデューティが等しい場合、U+ (「+」はインバータ回路の上アーム側スイッチング素子を示す)、V+ がオン、W+ がオフ時に W 相の電流は検出できるが、他の相電流は検出できない。このため、図 2-2 に示すように、ある相 (この場合 W 相) の PWM 信号の位相をシフトさせることで、常に 2 相以上の電流を検出可能とすることが考えられる。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3447366号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、電流検出のために各相の PWM 信号を順次シフトさせると、図 23 に示すように、ある相の PWM 信号をシフトしているパターンから他の相の PWM 信号をシフトさせるパターンに移行するタイミングで、モータ電流がステップ状に変化する。図 23 (b) は、(a) の一部を拡大して示しているが、U 相電流の変化がキャリア周期毎に増加、減少を交互に繰り返している場合に、上記の移行タイミングでは減少が 2 回連続しており、その結果 (a) に示すステップ状の変化が生じている。この時の電流変化がトルクの変動を引き起こすため、モータの駆動時に発生する騒音のレベルが増大するという問題が生じる。

10

【0005】

そこで、単一の電流検出素子によりモータに供給される各相の電流を、騒音を増大させること無く検出できるモータ制御装置並びにそのモータ制御装置を用いて構成される空気調和機、洗濯機及び冷蔵庫を提供する。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態のモータ制御装置によれば、3 相ブリッジ接続された複数のスイッチング素子を所定の PWM 信号パターンに従いオンオフ制御することで、直流を 3 相交流に変換するインバータ回路を介してモータを駆動するモータ制御装置において、電流検出素子をインバータ回路の直流側に接続して電流値に対応する信号を発生させ、PWM 信号生成手段は、モータの相電流に基づいてロータ位置を決定すると、そのロータ位置に追従するように 3 相の PWM 信号パターンを生成する。そして、電流検出手段が、電流検出素子に発生した信号と PWM 信号パターンとに基づいて、モータの相電流を検出する場合に、PWM 信号生成手段は、電流検出手段が PWM 信号の搬送波周期内で固定された 2 点のタイミングで 2 相の電流を検出可能となるように、3 相の PWM 信号パターンを生成する。

30

【0007】

具体的には、3 相の PWM 信号のうち 1 相については、前記搬送波周期の任意の位相を基準として遅れ側、進み側の双方向にデューティを増減させ、他の 1 相については、前記基準より前記搬送波周期の 1 / 2 離れた位相を基準として遅れ側、進み側の双方向にデューティを増減させ、残りの 1 相については、前記搬送波周期の任意の位相を基準として遅れ側、進み側の一方向にデューティを増減させる。

【0008】

また、実施形態の空気調和機は、圧縮機と、室外側熱交換器と、減圧装置と、室内側熱交換器とを有し、圧縮機を構成するモータ、実施形態のモータ制御装置により制御されるヒートポンプシステムを備えて構成される。

40

【0009】

実施形態の洗濯機は、モータと、このモータを制御する請求項 1 から 3 の何れか一項に記載のモータ制御装置とを有し、モータが発生する回転駆動力により洗濯運転を行う。

実施形態の冷蔵庫は、圧縮機と、凝縮器と、蒸発器とを有し、圧縮機を構成するモータが、実施形態のモータ制御装置により制御される冷凍サイクルを備えて構成される。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】第 1 実施形態であり、モータ制御装置の構成を示す機能ブロック図

【図 2】PWM 信号生成部の内部構成を示す機能ブロック図

【図 3】(a) ~ (c) は各相の PWM キャリアとデューティ指令、(d) は各相 PWM

50

号パルスの生成状態を示すタイミングチャート

【図4】V相キャリアが最大を示す位相を基準とした場合の図3(d)相当図

【図5】図3(d)に示すPWM信号パルスにデッドタイムを生成した場合を示すタイミングチャート

【図6】モータ印加電圧が0V付近となる場合に対応した各相の設定デューティを示す図

【図7】(a)は各相のPWM信号パルスの中心をキャリアのゼロレベルに揃えた場合を示す図、(b)は図3(d)相当図

【図8】モータへの印加電圧が大きい場合の図6相当図

【図9】図8で電気角が300度の図7(b)相当図

【図10】図8で電気角が180度の場合の図7(b)相当図

10

【図11】モータ電流が変動する状態を示す図

【図12】第2実施形態を示す図3相当図

【図13】第3実施形態を示す図2相当図

【図14】図3相当図

【図15】パルス生成部が行うデューティ変換の論理を示す図

【図16】第4実施形態であり、空気調和機におけるヒートポンプシステムの構成を示す図

【図17】第5実施形態であり、洗濯乾燥機の構成を示す縦断側面図

【図18】ヒートポンプシステムの構成を示す図

【図19】第6実施形態であり、冷蔵庫の構成を示す縦断側面図

20

【図20】ヒートポンプシステムの構成を示す図

【図21】従来技術であり、(a)はPWMキャリア、(b)は3相PWMパルス、(c)はシャント抵抗の電流を示す図(その1)

【図22】図21相当図(その2)

【図23】U相電流を実測した波形を示す図

【発明を実施するための形態】

【0011】

(第1実施形態)

以下、第1実施形態について、図1ないし図11を参照して説明する。図1は、モータ制御装置の構成を示す機能ブロック図である。直流電源部1は、直流電源のシンボルで示しているが、商用交流電源から直流電源を生成している場合には、整流回路や平滑コンデンサ等を含んでいる。直流電源部1には、正側母線2a、負側母線2bを介してインバータ回路(直流交流変換器)3が接続されているが、負側母線2b側には電流検出素子であるシャント抵抗4が挿入されている。インバータ回路3は、例えばNチャネル型のパワーMOSFET5(U+, V+, W+, U-, V-, W-)を3相ブリッジ接続して構成されており、各相の出力端子は、例えばプラスレスDCモータ6からなるモータ6の各相巻線にそれぞれ接続されている。

30

【0012】

シャント抵抗4の端子電圧(電流値に対応した信号)は電流検出部7により検出され、電流検出部(電流検出手段)7は、前記端子電圧とインバータ回路3に出力される3相のPWM信号パターンとに基づいてU, V, W各相の電流Iu, Iv, Iwを検出する。電流検出部7が検出した各相電流は、DUTY生成部8に与えられA/D変換されて読み込まれると、モータ6の制御条件等に基づいて演算が行われる。その結果、各相のPWM信号を生成するためのデューティU_DUTY, V_DUTY, W_DUTYが決定される。

40

【0013】

例えばベクトル制御を行う場合であれば、DUTY生成部8には、制御条件を設定するマイクロコンピュータ等からモータ6の回転速度指令refが与えられると、推定したモータ6の実際の回転速度との差分に基づいてトルク電流指令Iqrefが生成される。モータ6の各相電流Iu, Iv, Iwからはモータ6のロータ位置が決定されると、そのロ-

50

タ位置 を用いるベクトル制御演算によりトルク電流 I_q , 励磁電流 I_d が算出される。トルク電流指令 I_{qref} とトルク電流 I_q との差分に対して例えば P I 制御演算が行われ、電圧指令 V_q が生成される。励磁電流 I_d 側についても同様に処理されて電圧指令 V_d が生成され、電圧指令 V_q , V_d が上記ロータ位置 を用いて三相電圧 V_u , V_v , V_w に変換される。そして、これらの三相電圧 V_u , V_v , V_w に基づいて、各相デューティ U , V , W _ D U T Y が決定される。

【 0 0 1 4 】

各相デューティ U , V , W _ D U T Y は、 PWM 信号生成部 (PWM 信号生成手段) 9 に与えられ、搬送波とのレベルが比較されることで 3 相 PWM 信号が生成される。また、 3 相 PWM 信号を反転させた下アーム側の信号も生成されて、必要に応じてデッドタイムが付加された後、それらが駆動回路 10 に出力される。駆動回路 10 は、与えられた PWM 信号に従い、インバータ回路 3 を構成する 6 つのパワーモノスイッチ (U + , V + , W + , U - , V - , W -) の各ゲートに、ゲート信号を出力する (上アーム側については、必要なレベルだけ昇圧した電位で出力する)。

【 0 0 1 5 】

次に、 PWM 信号生成部 9 が 3 相 PWM 信号を生成する方式について説明する。インバータ回路 3 が PWM 変調された 3 相交流を出力する際には、前述したように、上アーム側の FET 5 (U + , V + , W +) に対する通電パターンに応じて特定の相の電流を検出できる。以下は、各相上アーム側のゲート信号について述べるが、例えば U 相のみが H レベルとなり、 V 相及び W 相が何れも L レベルとなる通電パターンの期間では、シャント抵抗 4 の両端に発生する電圧は U 相電流に対応する。また、 U 相及び V 相の両方が H レベルであり、 W 相が L レベルとなる区間では、シャント抵抗 4 の両端電圧の符号を反転したものが W 相電流に対応する。

【 0 0 1 6 】

このように、 PWM 信号の通電パターンに応じて 2 相分の電流を順次検出して記憶すれば、時分割的ではあるが 3 相分の電流を検出できる。この場合、各相電流を同時に検出しているので実際には誤差を生じるが、特別な厳密さが要求されなければ実用上問題はなく、 3 相分の電流検出値を用いて回路方程式を解くことで、次の周期の通電パターンを算出できる。

【 0 0 1 7 】

また、 FET 5 のオン、オフ状態が変化した直後は電流波形が安定しないので、シャント抵抗 4 に発生した電圧信号を安定した状態で読み込むために最小待機時間 (安定時間) が必要である。図 11 は、 PWM 信号による通電パターンが切り替わる際に、 U 相電流が変動している波形をオシロスコープで観測 (CH 1) したもので、電流波形がリンギングのように大きく変動していることが判る。この待機時間 が例えば $2 \mu\text{sec}$ であるとすると、一つの相の電流を読み込むためには特定の通電状態 (PWM 信号パターン) を $2 \mu\text{sec}$ 以上継続させる必要がある。換言すれば、同一の通電状態での継続時間が $2 \mu\text{sec}$ よりも短い場合は電流の読み込みが正常に行われず、その時に更新されるべき相の電流値を更新できない。つまり、全ての PWM 信号パターンによる通電状態を最小待機時間 以上継続することができれば、どのようなケースでも相電流を検出できる。

【 0 0 1 8 】

そこで、本実施形態では、各相の PWM 信号パルスの出力位相を、従来とは異なる方式でシフトさせる。インバータ回路 3 を介してモータ 6 に印加する電圧は、各相のパルス間のデューティ差が一定であれば、パルスの立ち上がり位置、立下がり位置を同じ時間だけシフトさせても変わらない。つまり、後述する図 7 (a) , (b) の PWM 信号パターンは、モータ 6 にとって同じ印加電圧である (相間電圧が等しいため)。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、 PWM 信号生成部 9 の内部構成を示すもので、図 3 は、 PWM 信号生成部 9 の内部で上アーム側の 3 相 PWM 信号 (U + , V + , W +) のパルスが生成される状態を示すタイミングチャートである。 D U T Y 生成部 8 より入力された各相デューティ U , V , W _ D U T Y が生成される。

10

20

30

40

50

W_DUTYは、パルス生成部13に入力され、U, V, W各相のキャリア（搬送波）とのレベルが比較された結果、各相のPWM信号U_±, V_±, W_±が生成される。

【0020】

すなわち、本実施形態では、各相毎に異なる波形のキャリアを使用する。図3(a)～(c)に示すように、U相キャリアは三角波であり、V相キャリアはU相に対して逆相となる三角波、W相キャリアはV相キャリアのカウント値が最小の点でゼロクリアされる鋸歯状波である。これらのキャリアは、互いに同期してカウント動作を行う3つのカウンタで生成でき、U相及びV相はアップダウンカウンタ、W相はアップカウンタとなる。但し、アップダウンカウンタがカウント動作を行う周波数は、その他のカウンタの2倍となる。キャリア周期は、例えば50 μsecとする。

10

【0021】

そして、パルス生成部13では、各相デューティU, V, W_DUTYと各相キャリアとのレベルをそれぞれ比較して、(デューティ) > (キャリア)となる期間にハイレベルパルスを出力する。その結果、図3(d)に示すように、V相キャリアの振幅最小位相(三角波の谷)を基準位相とすると、U相のPWM信号パルスU+は、前記基準位相からキャリア周期の1/2離れた点を基準として後れ、進みの両方向側に増減するようにパルス幅が変化し、W相のPWM信号パルスW+は、基準位相から進み方向側(図中右側)に増減するようにパルス幅が変化し、V相のPWM信号パルスV+は、基準位相から遅れ、進みの両方向側に増減するようにパルス幅が変化する。

【0022】

20

電流検出部7には、PWM信号生成部9から電流検出タイミング信号(例えばV相キャリア)が与えられており、電流検出タイミング信号に従い、2相の電流を検出するタイミングを決定する。例えば、V相キャリアの振幅最小位相を基準位相とする。すなわち、基準位相を検出タイミングAとすると、そこから待機時間以上が経過した時点を検出タイミングBとする。このように検出タイミングを設定することで、タイミングAではV相電流Ivを検出でき、タイミングBではU相電流(-)Iuを検出できる。尚、電流検出部7が電流検出タイミングを決定するために参照するキャリアは、V相に限らず、U, W相であっても良い。そして、W相電流Iwは、3相電流の総和がゼロであることからU, V相電流に基づいて求められる。

【0023】

30

また、図4は、V相キャリアが最大を示す位相(三角波の山)を基準とした場合であり、U, W相キャリアについては図示しないが、U相キャリアは図3と反転させれば良く、W相キャリアはそのままで良い。この場合、U, V相については図3と比較極性を逆転させれば良い。また、U, V, Wの各相は、入れ替えてても良い(どの波形のキャリアを、何れの相に割り当てるかは任意である)。

【0024】

また図5は、図3(d)に示すPWM信号パルスにデッドタイムを生成した場合を示している。図5(b)は、図3(d)に示した波形と同様であり、この波形に対してU_±, V_±, W_±信号の立ち上がりから一律に、所定のデューティだけ減じることでデッドタイムを生成している。このようにデッドタイムを生成した場合は、検出タイミングBではFET5W+が未だオンしていない可能性があるため、検出タイミングBを図4の説明よりもデッドタイム期間だけ遅れ位相側にずらすように調整すれば良い。また、デッドタイムの生成パターンは、必ずしも図5に示すものに限らないので、電流検出タイミングA, Bのずらし方も、その生成パターンに応じてずらすようにすれば良い。

40

【0025】

ここで、3相のPWM信号パルスをこのような位相関係で出力する場合において、各相のデューティが変化することで電流検出に与える影響を説明する。図6は、モータ印加電圧が0V付近となる場合の、モータの電気角(ロータ位置)に対応した各相の設定デューティを示す。この場合、各相のデューティは50%程度で拮抗するので、例えば図7(a)に示すように、各相のPWM信号パルスの中心をキャリアのゼロレベルにして揃える

50

と検出タイミング A, B では、電流が全く検出できない。しかし、本実施形態の方式では、各相の PWM 信号パターンは図 7 (b) に示すようになるので、検出タイミング A, B において、2 相分の電流検出が可能となる。

【0026】

また図 8 は、モータへの印加電圧が大きい場合の各相の設定デューティを示す。図中の (1) は電気角が 300 度であり、U, V 相のデューティが等しく 89%、W 相デューティが 11% の場合である。このとき、図 9 に示す PWM パターンにおいて、W 相は三角波の谷から $11\% / 2 = 5.5\% = 3 \mu\text{sec}$ の長さだけ遅れ側にオフしている。つまり、 $= 2 \mu\text{sec}$ に対し、V 相及び W 相が同時にオンする期間が $3 \mu\text{sec}$ あり、U 相電流を検出することができる。

10

【0027】

また図 10 は、図 8 中 (2) の電気角が 180 度の場合であり、(1) に対してデューティ 89% の相が U, W 相になり、V 相がデューティ 11% となる。この場合においても、検出タイミング A, B において良好に検出ができる。

【0028】

このように、各相の設定デューティの大小が変わっても、PWM 信号パルスを増減させる基準位相は固定のままであり、電流の検出タイミングを固定しても全ての PWM パターンについて 3 相のモータ電流が検出できる。したがって、図 23 に示したように、電流がステップ状に変化することがなくトルク変動や騒音が発生しないので、3 相のモータ電流をモータ印加電圧が低い状態から高い状態まで検出できる。但し、理論的な検出可能な最大モータ電圧範囲は、2 相のデューティが (キャリア周期) - (時間 $\times 2$) まで広がった場合から、最小デューティが (時間) $\times 2$ まで低下する間となる。

20

【0029】

以上のように本実施形態によれば、インバータ回路 3 を構成する MOSFET $S_{U\pm}$, $S_{V\pm}$, $S_{W\pm}$ を所定の PWM 信号パターンに従いオンオフ制御する際に、インバータ回路 3 の直流母線 2b 側にシャント抵抗 4 を接続し、PWM 信号生成部 9 が、モータ 6 の相電流に基づいてロータ位置 を決定し、そのロータ位置 に追従するように 3 相の PWM 信号パターンを生成する。そして、電流検出部 7 が、シャント抵抗 4 に発生した信号と PWM 信号パターンとに基づいて、モータの相電流を検出する場合、PWM 信号生成部 9 は、電流検出部 7 が、キャリア周期内で固定された 2 点のタイミングで 2 相の電流を検出可能となるように 3 相の PWM 信号パターンを生成するようにした。したがって、従来とは異なり、相電流がステップ状に変化することが無く、モータ 6 のトルク変動や駆動時の騒音が発生しないので、3 相の電流 I_u , I_v , I_w を、モータ印加電圧が低い状態から高い状態まで検出できる。

30

【0030】

この場合、PWM 信号生成部 9 は、3 相の PWM 信号のうち 1 相 (第 1 相) については、キャリア周期の任意の位相を基準として遅れ側, 進み側の双方向にデューティを増減させ、他の 1 相 (第 2 相) については、第 1 相の基準よりキャリア周期の 1/2 離れた位相を基準として遅れ側, 進み側の双方向にデューティを増減させ、残りの 1 相 (第 3 相) については、キャリア周期の任意の位相を基準として遅れ側の方向にデューティを増減させる。

40

【0031】

したがって、電流検出部 7 が電流を検出する場合には、第 2 相のスイッチング素子だけがオンしている第 1 区間と、第 2 相と第 3 相のスイッチング素子が同時にオンしている第 2 区間に係るよう検出タイミングを固定すれば、第 1 区間では第 2 相の電流を検出でき、第 2 区間では第 1 相の電流を検出することができる。そして、PWM 信号生成部 9 は、各相の基準を、キャリアの振幅が最大又は最小となる位相に基づいて設定するので、電流検出部 7 による電流検出のタイミングも、上記位相に基づいて容易に設定することができる。

【0032】

50

更に、PWM信号生成部9は、3相のPWM信号のうちU，V相については互いに逆相となる三角波をキャリアとして使用し、W相については、V相キャリアの三角波の振幅が最小を示す位相を基準とする鋸歯状波をキャリアとして使用し、前記各相の基準を、各キャリア振幅の最大値又は最小値が全て一致する位相に基づいて設定するようにした。したがって、各相毎に異なる波形のキャリアを使用することで、各相PWM信号のデューティを増減させる位相方向を変化させることができる。

【0033】

(第2実施形態)

図12は第2実施形態を示すものであり、第1実施形態と同一部分には同一符号を付して説明を省略し、以下異なる部分について説明する。図12では、U，V相のキャリアは第1実施形態と同じものを使用し、W相については第1実施形態のキャリアとは逆相となる鋸歯状波を使用している。

【0034】

そして、V相キャリアの三角波の谷を検出タイミングAとし、そこから時間経過後を検出タイミングBとすると、検出タイミングAでは、V(+)，W(+)がオンしているためU相電流Iuを負極性で検出でき、検出タイミングBでは、V(+)のみがオンしているためV相電流Ivを正極性で検出できる。したがって、この場合も3相の電流を検出できる。以上のように第2実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0035】

(第3実施形態)

図13ないし図15は第3実施形態を示す。図13は図2相当図であり、PWM信号生成部9に替わるPWM信号生成部(PWM信号生成手段)21の構成を示している。PWM信号生成部21は、パルス生成部13に替わるパルス生成部22を備えており、パルス生成部22は、三角波のキャリア1つだけを用いて、第1実施形態と同様に各相のPWM信号パルスをシフトさせるため、論理演算を行う。

【0036】

図14は、1つのキャリアに対して、各相のデューティU，V，W_DUTY'をどのように比較することで各相PWM信号パルスを生成するかを示している。(a)においてデューティU_DUTY'は1点鎖線、デューティV_DUTY'は実線、デューティW_DUTY'は破線である。U相については、デューティ指令U_DUTY'がキャリアよりも低い期間にPWM信号パルスを出力する。V相については、デューティ指令V_DUTY'がキャリアよりも高い期間にPWM信号パルスを出力する。

【0037】

そして、キャリアの振幅が増加する期間を第1区間、振幅が減少する期間を第2区間とすると、W相については、第1区間はデューティ指令W_DUTY'がキャリアよりも高い場合にPWM信号パルスを出力し、第2区間はデューティ指令W_DUTY'がキャリアよりも低い場合にPWM信号パルスを出力する。その結果、三角波のキャリアに対する各相PWM信号パルスの出力パターンは第1実施形態と同じとなる。図15は、パルス生成部22が行う上記信号処理の論理を示している。

【0038】

次に、各相のデューティの設定について述べる。具体例として、U，V_DUTY = 80%、W_DUTY = 30%とし、キャリアの最大振幅MAXは100%とする。まず、三角波キャリアに対し、常にキャリアより低い区間でHパルスを出力するU相は、DUTY増減部11の処理を加えたU_DUTYを、最大振幅MAXより減じたものをU_DUTY'としてキャリアとの比較を行う(U_DUTY' = 100% - U_DUTY)。この結果、U相パルスは80%の期間Hパルスがキャリアの山を中心に出力される。

【0039】

また三角波キャリアに対し、常にキャリアより高い区間でHパルスを出力するV相は、DUTY増減部11の処理を加えたV_DUTYをそのままV_DUTY'としてキャリ

10

20

30

40

50

アとの比較を行う ($V_DUTY' = V_DUTY$)。この結果、V相パルスは 80% の期間 Hパルスがキャリアの谷を中心に出力される。

【0040】

最後にW相であるが、第1区間では、DUTY増減部11の処理を加えたW_DUTY 30%を2倍した値60%をW_DUTY' としてキャリアと比較する。そして第2区間では、キャリアのMAX値100%をW_DUTY' としてキャリアとの比較を行う。MAX値であるが、キャリアよりもレベルが低いときにHレベルのパルスを出力するという論理であるため、パルスは出力されない。この結果、W相パルスは PWM周期中30%の期間キャリアの谷から山に向けて出力される。

【0041】

以上、図14に示した各相PWM信号パルスの場合について説明したが、各相のデューティの大小によってセット値に違いが出るため、DUTY DUTY' の変換を行う論理を一般化して示したものが図15である。すなわち、V相についてはデューティV_DUTYをそのまま設定し、U相については、キャリアMAX値からデューティU_DUTYを減じた値を設定し、比較極性をV相とは逆にする。

【0042】

W相については、デューティW_DUTYの2倍値がキャリアMAX値よりも小さい場合は、第1区間で出力されるW_DUTY' を前記2倍値に設定すると共に、第2区間で出力されるW_DUTY' をキャリアMAX最大値に設定する。また、2倍値がキャリアMAX値よりも大きい場合は、第1区間のW_DUTY' をキャリアMAX値に設定すると共に、第2区間のW_DUTY' をキャリアMAX値の2倍から2倍値を減じた値に設定する。

【0043】

以上のように第3実施形態によれば、PWM信号生成部21は、三角波をキャリアとして使用し、三角波の振幅が増加する区間を第1区間とし、振幅が減少する区間を第2区間とすると、3相のPWM信号のうちU, V相については、キャリア振幅とPWM指令との大小関係を比較してPWM信号を出力するための比較条件を、第1及び第2区間を通じて一定とし、前記比較条件を互いの相で反転させる。W相については、前記比較条件を前記第1区間と前記第2区間とで変化させる。

【0044】

そして、U相については、キャリアMAX値よりデューティU_DUTYを減じたものを設定し、V相についてはデューティV_DUTYをそのまま設定し、W相については、デューティW_DUTYの2倍値をキャリアMAX値と比較し、その結果に応じて第1区間、第2区間にについて設定するデューティU_DUTY', W_DUTY' を図15に示す論理に従い変換するようにした。したがって、第1実施形態のように3種類のキャリアを使用せずとも、第1実施形態と同様の効果が得られる。尚、U, V, Wの各相を何れの比較条件に割り当てるかは、任意であることは言うまでもない。

【0045】

(第4実施形態)

図16に示す第4実施形態は、モータ制御装置を空気調和機の圧縮機モータに適用した場合を示す。ヒートポンプシステム31を構成する圧縮機(負荷)32は、圧縮部33とモータ34を同一の鉄製密閉容器35内に収容して構成され、モータ34のロータシャフトが圧縮部33に連結されている。そして、圧縮機32、四方弁36、室内側熱交換器37、減圧装置38、室外側熱交換器39は、熱伝達媒体流路たるパイプにより閉ループを構成するように接続されている。尚、圧縮機32は、例えばロータリ型の圧縮機であり、モータ34は、例えば3相IPM(Interior Permanent Magnet)モータ(ブラシレスDCモータ)である。空気調和機30は、上記のヒートポンプシステム31を有して構成されている。

【0046】

暖房時には、四方弁36は実線で示す状態にあり、圧縮機32の圧縮部33で圧縮され

10

20

30

40

50

た高温冷媒は、四方弁 3 6 から室内側熱交換器 3 7 に供給されて凝縮し、その後、減圧装置 3 8 で減圧され、低温となって室外側熱交換器 3 9 に流れ、ここで蒸発して圧縮機 3 2 へと戻る。一方、冷房時には、四方弁 3 6 は破線で示す状態に切り替えられる。このため、圧縮機 3 2 の圧縮部 3 3 で圧縮された高温冷媒は、四方弁 6 から室外側熱交換器 3 9 に供給されて凝縮し、その後、減圧装置 8 で減圧され、低温となって室内側熱交換器 3 7 に流れ、ここで蒸発して圧縮機 3 2 へと戻る。そして、室内側、室外側の各熱交換器 3 7, 3 9 には、それぞれファン 4 0, 4 1 により送風が行われ、その送風によって各熱交換器 3 7, 3 9 と室内空気、室外空気の熱交換が効率良く行われるように構成されている。そして、モータ 3 4 を第 1 ~ 第 3 実施形態のモータ制御装置によって駆動制御する。

【0047】

10

以上のように構成される第 4 実施形態によれば、空気調和機 3 0 におけるヒートポンプシステム 3 1 を構成する圧縮機 3 2 のモータ 3 4 を、実施形態のモータ制御装置により駆動制御することで、空気調和機 3 0 の運転効率を向上させることができる。

【0048】

(第 5 実施形態)

図 1 7 及び図 1 8 に示す第 5 実施形態は、モータ制御装置を洗濯乾燥機のドラムモータ及び / 又は圧縮機モータに適用した場合を示す。図 1 7 は、ドラム式洗濯乾燥機 5 1 の内部構成を概略的に示す縦断側面図である。ドラム式洗濯乾燥機 5 1 の外殻を形成する外箱 5 2 は、前面に円形状に開口する洗濯物出入口 5 3 を有しており、この洗濯物出入口 5 3 は、ドア 5 4 により開閉される。外箱 5 2 の内部には、背面が閉鎖された有底円筒状の水槽 5 5 が配置されており、この水槽 5 5 の背面中央部にはモータ 5 0 のステータがねじ止めにより固定されている。モータ 5 0 の回転軸 5 6 は、後端部 (図 1 7 では右側の端部) がモータ 5 0 のロータの軸取付部に固定されており、前端部 (図 1 7 では左側の端部) が水槽 5 5 内に突出している。

20

【0049】

回転軸 5 6 の前端部には、背面が閉鎖された有底円筒状のドラム 5 7 が水槽 5 5 に対して同軸状となるように固定されており、このドラム 5 7 は、モータ 5 0 の駆動によりロータ及び回転軸 5 6 と一体的に回転する。なお、ドラム 5 7 には、空気および水を流通可能な複数の流通孔 5 8 と、ドラム 5 7 内の洗濯物の掻き上げやほぐしを行うための複数のバッフル 5 9 が設けられている。水槽 5 5 には給水弁 6 0 が接続されており、当該給水弁 6 0 が開放されると、水槽 5 5 内に給水される。また、水槽 5 5 には排水弁 6 1 を有する排水ホース 6 2 が接続されており、当該排水弁 6 1 が開放されると、水槽 5 5 内の水が排出される。

30

【0050】

水槽 5 5 の下方には、前後方向へ延びる通風ダクト 6 3 が設けられている。この通風ダクト 6 3 の前端部は前部ダクト 6 4 を介して水槽 5 5 内に接続されており、後端部は後部ダクト 6 5 を介して水槽 5 5 内に接続されている。通風ダクト 6 3 の後端部には、送風ファン 6 6 が設けられており、この送風ファン 6 6 の送風作用により、水槽 5 5 内の空気が、矢印で示すように、前部ダクト 6 4 から通風ダクト 6 3 内に送られ、後部ダクト 6 5 を通して水槽 5 5 内に戻されるようになっている。

40

【0051】

通風ダクト 6 3 内部の前端側には蒸発器 6 7 が配置されており、後端側には凝縮器 6 8 が配置されている。これら蒸発器 6 7 及び凝縮器 6 8 は、圧縮機 6 9 および絞り弁 7 0 と共にヒートポンプ 7 1 を構成しており (図 1 8 参照)、通風ダクト 6 3 内を流れる空気は、蒸発器 6 7 により除湿され凝縮器 6 8 により加熱されて、水槽 5 5 内に循環される。絞り弁 7 0 は膨張弁から成り、開度調整機能を有している。

【0052】

外箱 5 2 の前面にはドア 5 4 の上方に位置して操作パネル 7 2 が設けられており、この操作パネル 7 2 には運転コースなどを設定するための複数の操作スイッチ (図示せず) が設けられている。操作パネル 7 2 は、マイクロコンピュータを主体として構成されドラム

50

式洗濯乾燥機 5 1 の運転全般を制御する制御回路部（図示せず）に接続されており、当該制御回路部は、操作パネル 7 2 を介して設定された内容に従って、モータ 5 0 、給水弁 6 0 、排水弁 6 1 、圧縮機 6 9 、絞り弁 7 0 などの駆動を制御しながら各種の運転コースを実行する。そして、モータ 5 0 及び／又は圧縮機 6 9 を構成する圧縮機モータを第 1 ～第 3 実施形態のモータ制御装置によって駆動制御する。

【 0 0 5 3 】

以上のように構成される第 5 実施形態によれば、洗濯乾燥機 5 1 におけるドラム回転用のモータ 5 0 及び／又はヒートポンプシステム 7 1 を構成する圧縮機 6 9 のモータを、実施形態のモータ制御装置により駆動制御することで、洗濯乾燥機 5 1 の運転効率を向上させることができる。

10

【 0 0 5 4 】

（第 6 実施形態）

図 1 9 及び図 2 0 に示す第 6 実施形態は、モータ制御装置を冷蔵庫の圧縮機モータに適用した場合を示す。図 1 9 は、冷蔵庫の縦断側面図である。冷蔵庫 8 1 のキャビネット 8 2 は外箱と内箱とより構成され、その間に断熱材が挿入されている。キャビネット 8 2 は、断熱仕切り体 8 3 により 2 つの空間に仕切られており、冷蔵庫 8 1 の上部側に位置する冷蔵空間（以下、R 空間と称する）と、下部側に位置する冷凍空間（以下、F 空間と称する）とに仕切られている。より具体的には、冷蔵庫 8 1 には、貯蔵庫として冷蔵室 8 4 、野菜室 8 5 及び製氷室 8 6 を含む冷凍室 8 7 が設けられている。このうち、冷蔵室 8 4 と野菜室 8 5 とより R 空間が構成され、製氷室 8 6 と冷凍室 8 7 とより F 空間が構成されている。

20

【 0 0 5 5 】

冷蔵室 8 4 の前面には、ヒンジにより開閉自在な扉 8 4 a が設けられ、野菜室 8 5 及び冷凍室 8 7 には引出し式の扉 8 5 a 、 8 7 a がそれぞれ設けられている。冷凍室 8 7 の背面側、すなわちキャビネット 8 2 の背面側底部には、機械室 8 8 が設けられている。この機械室 8 8 に、圧縮機 8 9 等が配置されている。冷蔵室 8 4 の下部から冷凍室 8 7 の上部にかけての背面には、R 空間及び F 空間に對して仕切られた冷却空間 9 0 が設けられている。この冷却空間 9 0 の下部には蒸発器 9 1 が設けられ、上部には冷却ファン 9 2 が設けられている。

【 0 0 5 6 】

30

冷却ファン 9 2 の前方（吹き出し側）には、ダンパ機構 9 3 が設けられている。ダンパ機構 9 3 は、R 空間側への空気の流路を開閉する冷蔵用ダンパ（以下、R ダンパ 9 4 と称する）と、F 空間側への空気の流路を開閉する冷凍用ダンパ（以下、F ダンパ 9 5 と称する）が設けられている。そして、R ダンパ 9 4 から上方に向かって、R 空間を冷却するための空気が流れる冷蔵ダクト（以下、R ダクト 9 6 と称する）が設けられており、F ダンパ 9 5 から下方に向かって、F 空間を冷却するための空気が流れる冷凍ダクト（以下、F ダクト 9 7 と称する）が設けられている。

【 0 0 5 7 】

冷蔵室 8 4 の背面側の壁部には、冷蔵室 8 4 の庫内温度を検知するために、冷蔵温度検知手段としての冷蔵用温度センサ（以下、R センサ 9 8 と称する）が設けられており、冷凍室 8 7 の背面側の壁部には、冷凍室 8 7 の庫内温度を測定するために、冷凍用温度センサ（以下、F センサ 9 9 と称する）が設けられている。

40

【 0 0 5 8 】

これら、圧縮機 8 9 や蒸発器 9 1 等は、図 2 0 に示すように冷凍サイクル 1 0 0 を構成している。冷凍サイクル 1 0 0 は、圧縮機 8 9 の吐出側から冷媒が流れる方向に向かって順に、凝縮器 1 0 1 、切替弁 1 0 2 、キャピラリーチューブ 1 0 3 及び 1 0 4 、蒸発器 9 1 、アキュームレータ 1 0 5 、並びにサクションパイプ 1 0 6 が接続されており、全体として、冷媒が循環する循環経路を形成している。なお、冷凍サイクル 1 0 0 そのものは、周知の構成のものを採用することができる。また、キャピラリーチューブは複数ではなく、1 つであってもよい。

50

【0059】

この冷凍サイクル100では、凝縮器101に接続されている切替弁102の一方の出口には、相対的に絞りが強いキャピラリーチューブ103が接続され、他方の出口には、相対的に絞りが弱いキャピラリーチューブ104が接続されている。これらキャピラリーチューブ103及び104は冷媒の出口側で一つになり、蒸発器91の入口に接続されている。これらキャピラリーチューブ103及び104により絞り機構が構成されている。

【0060】

蒸発器91の出口側には、アクチュームレータ105、サクションパイプ106が接続され、圧縮機89の吸入側に接続されている。この圧縮機89は、運転周波数を変化させることで回転数が変化する周波数可変型であり、基本的には運転周波数を上げることで冷却能力が上がり、運転周波数を下げることで冷却能力が下がる。切替弁102は、例えば三方弁で構成されている。

10

【0061】

ここで、冷凍サイクル100の作用について説明する。冷凍サイクル100では、冷媒が圧縮機89にて圧縮されて高温高圧の気体状となる一方、凝縮器101にて放熱されて液体状となる。この液体状の冷媒は、切替弁102によりその流れがキャピラリーチューブ103又は104に切り替えられ、何れかで気化し易いように減圧され、その後に蒸発器91にて気化することで、周囲すなわち冷却空間90を流れる空気から熱を奪う。

【0062】

周囲から熱を奪った冷媒は、アクチュームレータ106に流れて行き、気液混合体状の冷媒が気体状の冷媒と液体状の冷媒とにそれぞれ分離され、気体状の冷媒のみがサクションパイプ106を通じて圧縮機89に戻り、再び圧縮されて高温高圧の気体状となる。これにより、冷却空間90を流れる空気が冷却され、冷却ファン92によりR空間あるいはF空間に供給される。そして、圧縮機89を構成するモータを第1～第3実施形態のモータ制御装置によって駆動制御する。

20

【0063】

以上のように構成される第6実施形態によれば、冷蔵庫81におけるヒートポンプシステム100を構成する圧縮機89のモータを、実施形態のモータ制御装置により駆動制御することで、冷蔵庫81の運転効率を向上させることができる。

【0064】

30

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると共に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

電流検出部7が、キャリア周期内で2相の電流を検出するタイミングは、必ずしもキャリアのレベルが最小又は最大を示す位相を基準とする必要はなく、2相の電流を検出可能な範囲でキャリアの任意の位相に基づいて設定すれば良い。

また、電流を検出するタイミングは、PWMキャリアの周期に一致させる必要はなく、例えばキャリア周期の2倍や4倍の周期で検出を行っても良い。したがって、電流検出部7に入力する電流検出タイミング信号は、キャリアそのものである必要はなく、例えばキャリアに同期して所定の周期を有するパルス信号であっても良い。

40

【0065】

シャント抵抗4を、正側母線2aに配置しても良い。また、電流検出素子はシャント抵抗4に限ることなく、例えばC T (Current Transformer)等を設けても良い。

スイッチング素子はNチャネル型のMOSFETに限ることなく、Pチャネル型のMOSFETや、IGBT、パワートランジスタ、更にはワイドバンドギャップ半導体であるGaN, SiC等を使用しても良い。

モータ制御装置を、乾燥機能を持たない洗濯機に適用しても良い。

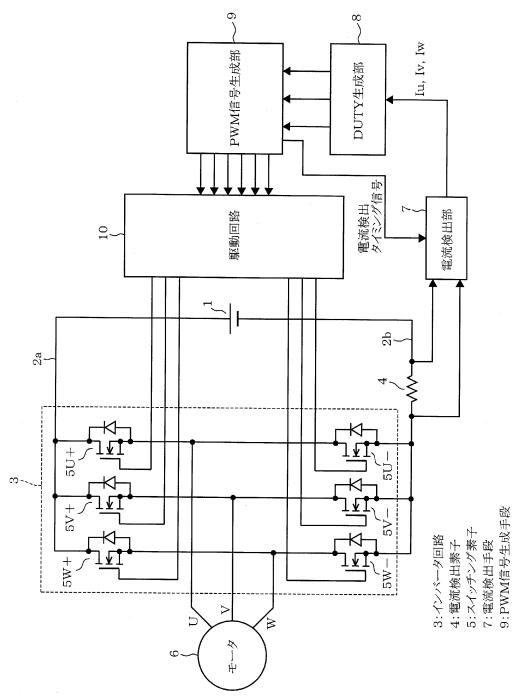
【符号の説明】

50

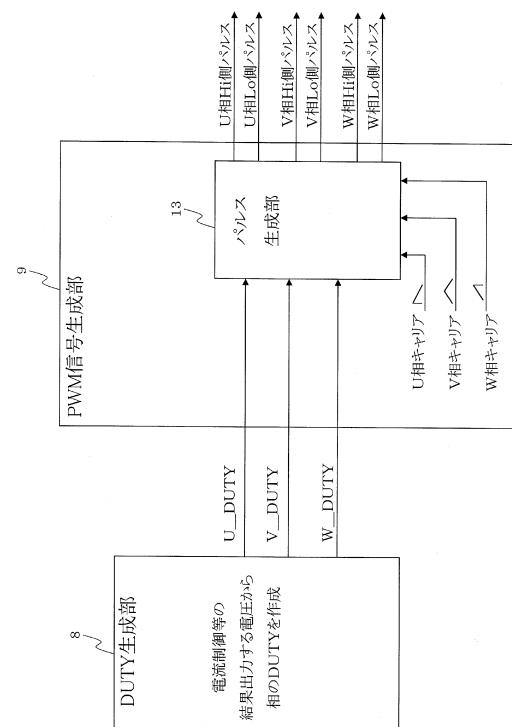
【0066】

図面中、3はインバータ回路、4はシャント抵抗（電流検出素子）、5はパワーMOSFET（スイッチング素子）、6はモータ、7は電流検出部（電流検出手段）、9はPWM信号生成部（PWM信号生成手段）、11はDUTY増減部、21はPWM信号生成部（PWM信号生成手段）、22はパルス生成部、30は空気調和機、31はヒートポンプシステム、32は圧縮機、34はモータ、37は室内側熱交換器、38は減圧装置、39は室外側熱交換器、50はモータ、51は洗濯機、67は蒸発器、68は凝縮器、69は圧縮機、71はヒートポンプシステム、81は冷蔵庫、89は圧縮機、91は蒸発器、100は冷凍サイクル、101は凝縮器を示す。

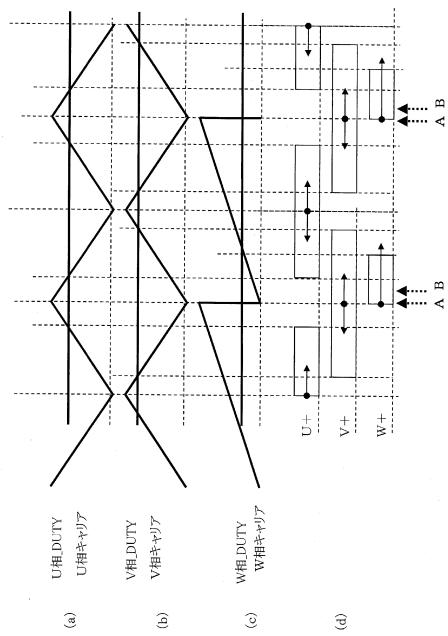
【図1】



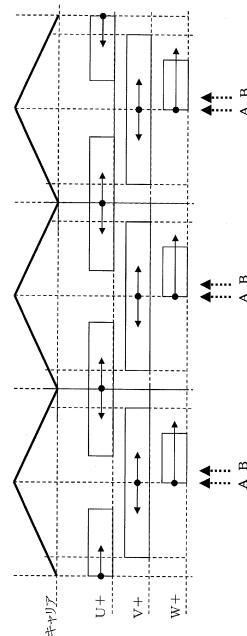
【図2】



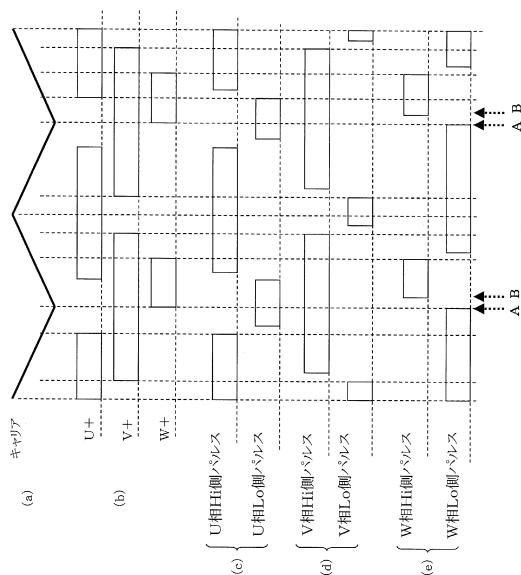
【図3】



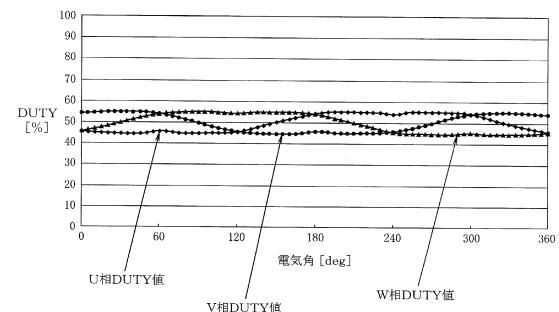
【図4】



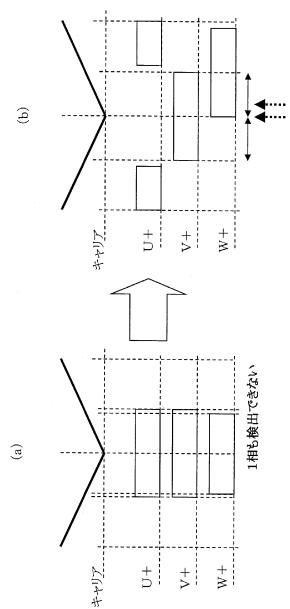
【図5】



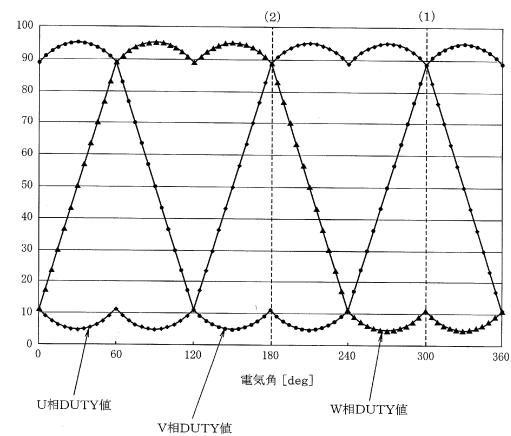
【図6】



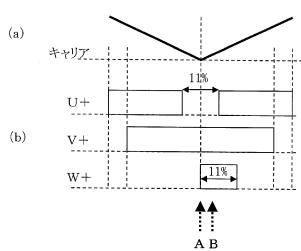
【図7】



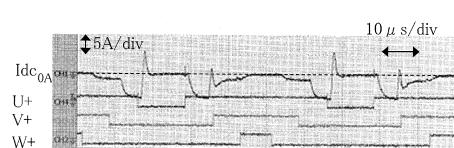
【図8】



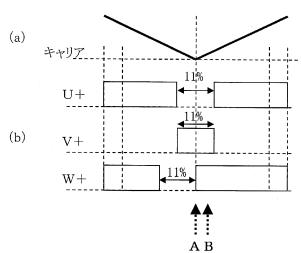
【図9】



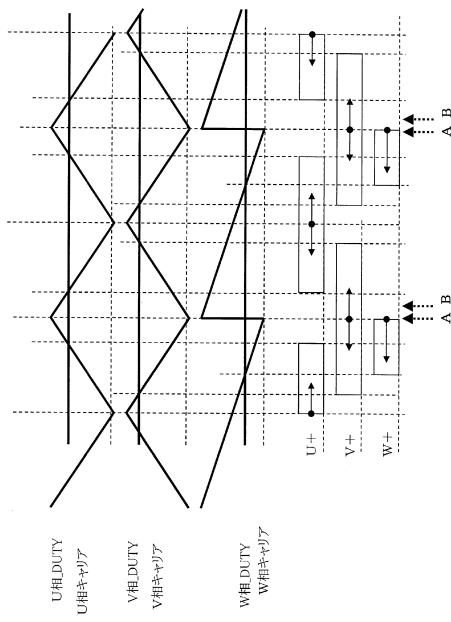
【図11】



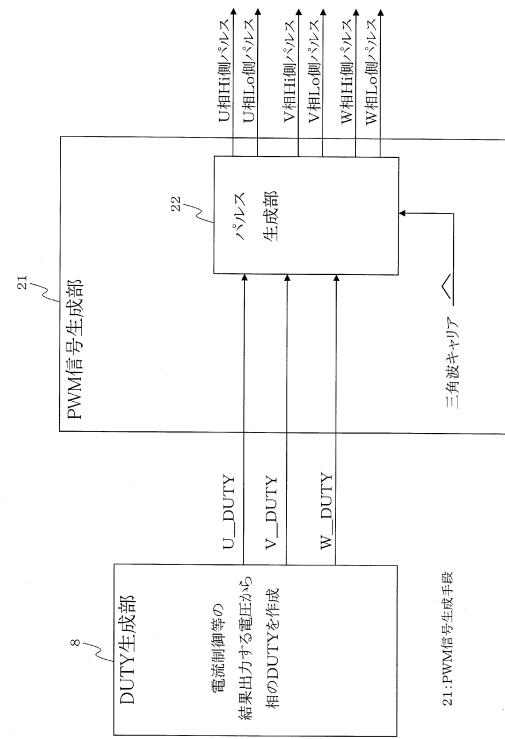
【図10】



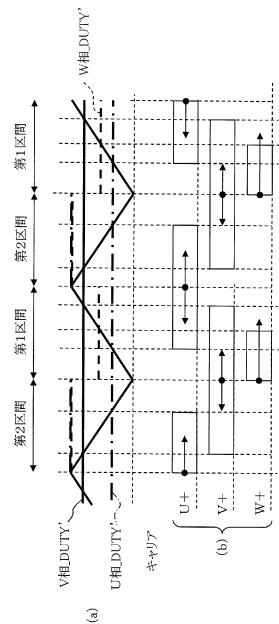
【図12】



【図13】



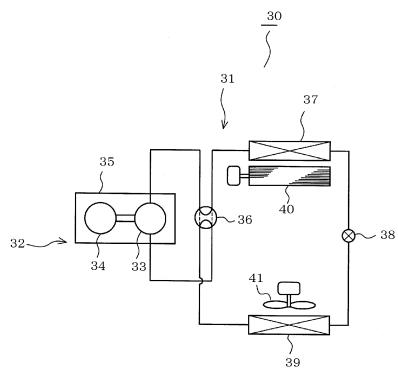
【図14】



【図15】

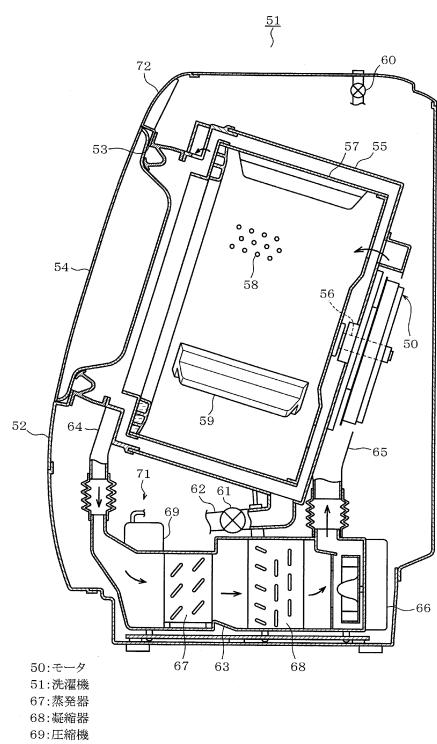


【図16】



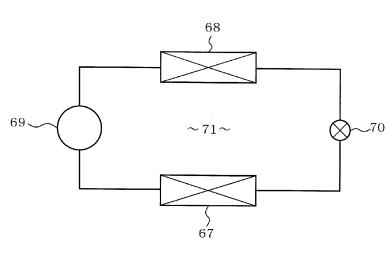
30:空気調和機
31:ヒートポンプシステム
32:圧縮機
33:モータ
34:室内側熱交換器
38:減圧装置
39:室外側熱交換器

【図17】



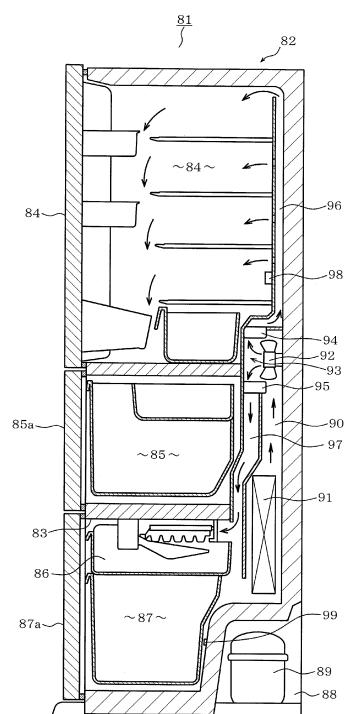
50:モータ
51:洗濯機
52:蒸発器
53:凝縮器
54:圧縮機

【図18】



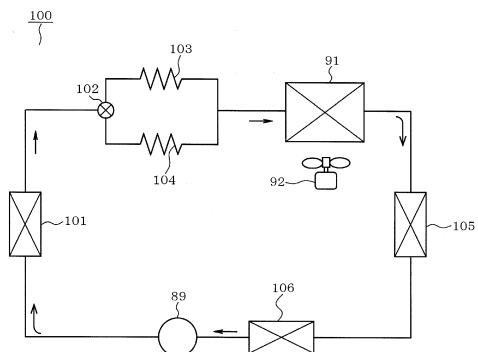
71:ヒートポンプシステム

【図19】



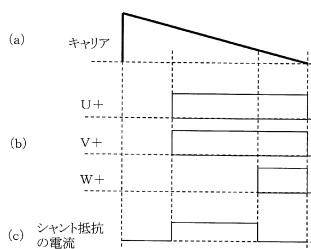
81:冷蔵庫

【図20】

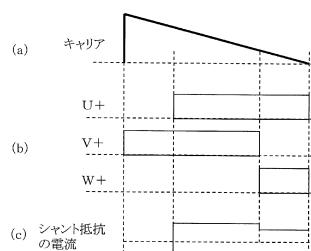


89:圧縮機
91:蒸発器
100:冷凍サイクル
101:凝縮器

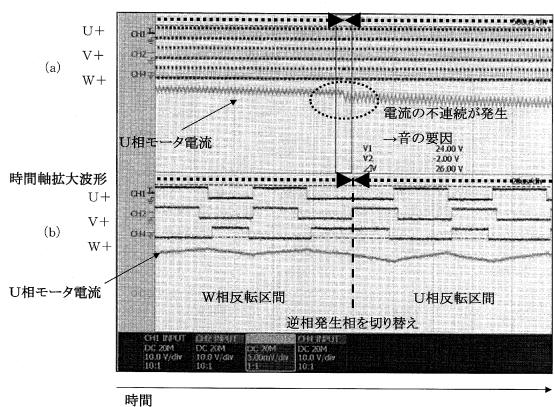
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-070591(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 P 27 / 08