

(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 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/133887 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 6/18 (2006.01) *H02M 7/48* (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/058890
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 2 日(02.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-077220 2011 年 3 月 31 日(31.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 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): 塚越 健太 (TSUKAKOSHI, Kenta) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP). 小澤 孝英 (OZAWA, Takahide) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP). 駒井 正和 (KOMAI, Masakazu) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP). 畑林 希美 (HATABAYASHI,

Kimi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 渡邊 勇, 外 (WATANABE, Isamu et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 5 番 8 号 GOWA 西新宿 4 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, 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.

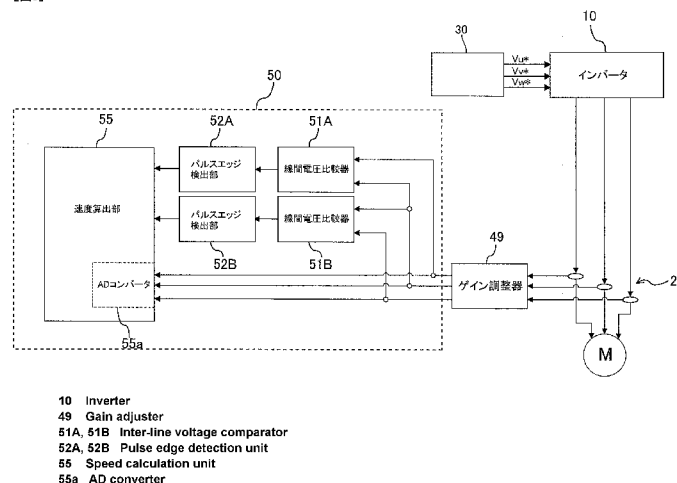
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER CONVERSION DEVICE FOR DRIVING MOTOR

(54) 発明の名称: モータ駆動用の電力変換装置

[図5]



10 Inverter
49 Gain adjuster
51A, 51B Inter-line voltage comparator
52A, 52B Pulse edge detection unit
55 Speed calculation unit
55a AD converter

(57) Abstract: An electric power conversion device is provided with a voltage measurement device (21) for measuring the induced voltage of a motor (M); an inverter (10) for supplying electric power with a variable frequency to the motor (M); a vector control unit (30) for controlling the output electric power of the inverter (10); and a synchronous start control unit (50) for determining the phase and rotational speed of the electric motor (M) from the induced voltage. When the induced voltage is lower than or equal to a predetermined value, the synchronous start control unit (50) discards the determined phase and rotational speed of the motor (M), and when the induced voltage is higher than the predetermined value, the synchronous start control unit (50) sends the determined phase and rotational speed of the motor (M) to the vector control unit (30).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/133887 A1



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))

電力変換装置は、モータMの誘起電圧を測定する電圧測定器21と、モータMに可変周波数の電力を供給するインバータ10と、インバータ10の出力電力を制御するベクトル制御部30と、誘起電圧からモータMの位相および回転速度を決定する同期始動制御部50とを備える。同期始動制御部50は、誘起電圧が予め設定された値以下であるときは、決定されたモータMの位相および回転速度を破棄し、誘起電圧が予め設定された値よりも大きいときは、決定されたモータMの位相および回転速度をベクトル制御部30に送る。

明 細 書

発明の名称： モータ駆動用の電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、ロータの位置センサを用いることなく、モータを駆動することができる電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 永久磁石同期モータは、高効率かつメンテナンスフリーであることから、様々な分野に広く使用されている。この永久磁石同期モータを可変速駆動するためには、ロータの回転位置を検出することが必要となる。従来から、ロータの位置センサを使用せずに永久磁石同期モータを駆動するための様々な方法が開発されている。例えば、特許文献1および特許文献2に開示されている方法では、モータの巻線に生じる誘起電圧からロータの位置を推定し、モータに流す電流を制御する。

[0003] モータを始動する状況には、停止している状態のモータを始動する場合のみならず、慣性または外部エネルギーにより自由回転しているモータを始動する場合も含まれる。例えば、モータをポンプの駆動に使用する場合、モータが停止しているときでも、ポンプ内を流れる液体により羽根車が水車としてモータを回転させることがある。このような状況でのポンプの始動動作は、自由回転しているモータを始動させる動作である。

[0004] モータの自由回転は、瞬間的な停電時にも起こる。すなわち、停電の直後のモータは、慣性によりしばらくは回転し続ける。したがって、瞬間的な停電の直後にモータを始動させる動作も、自由回転しているモータを始動させる動作となる。

[0005] 特許文献3には、ブラシレスDCモータをポンプの駆動に使用した給水装置が開示されている。この給水装置では、ポンプを流通する水により回転するロータの回転速度を監視し、ロータの回転速度を目標回転速度と同期させてモータを始動する。しかしながら、この引用文献3に記載の給水装置は、

ロータの位置を検出するセンサが使用されているため、モータが高価となってしまふ。

[0006] 特許文献4には、ロータの位置センサを用いることなく、自由回転しているモータを始動する方法が記載されている。この方法は、回転するモータに発生する誘起電圧のU相およびV相の交差点に基づいて、モータの位相および回転速度を決定する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平3－155393号公報

特許文献2：特開平5－83965号公報

特許文献3：特開2001－50168号公報

特許文献4：特開2005－137106号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 図1に示すように、モータの回転速度が高いときには、誘起電圧は大きくなる。したがって、誘起電圧のU相、V相、W相間の交差点を決定することは比較的容易である。しかしながら、モータの回転速度が低いときは、図2に示すように、誘起電圧は小さくなる。このため、各相の誘起電圧の波形に現れるノイズの影響で、U相、V相、W相間の交差点を決定することが困難となる。結果として、モータの正確な位相や回転速度が得られなく、インバータはモータの実際の回転速度に同期したモータ駆動を開始することができない。

[0009] このようなノイズの影響を防止するために、ヒステリシス付きコンパレータを採用したり、チャタリング防止フィルタを採用することもできる。しかしながら、これらのハードウェアまたはソフトウェアを用いた処理は、正確な位相の検出を遅らせてしまふ。

[0010] 本発明は、上述した従来の問題点を解決するためになされたもので、正確

にモータの位相および回転速度を検出してモータの同期始動を行なうことができるモータ駆動用の電力変換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

[0011] 上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、モータを駆動するための電力変換装置であって、前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、前記同期始動制御部は、前記誘起電圧が予め設定された値以下であるときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を破棄し、前記誘起電圧が前記予め設定された値よりも大きいときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする。

[0012] 本発明の他の態様は、モータを駆動するための電力変換装置であって、前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、前記同期始動制御部は、前記決定されたモータの回転速度を周波数に換算して推定周波数を取得し、前記誘起電圧と前記モータに固有の比例定数 V/f とから出力周波数を算出し、前記出力周波数と前記推定周波数との差が所定の値以上であるときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を破棄し、前記出力周波数と前記推定周波数との差が前記所定の値よりも小さいときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする。

[0013] 本発明のさらに他の態様は、モータを駆動するための電力変換装置であって、前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、前記同期始動制御部は、前記決定

されたモータの回転速度を周波数に換算し、得られた前記モータの周波数と前記モータに固有の比例定数 V/f とから推定電圧を算出し、前記誘起電圧と前記推定電圧との差が所定の値以上であるときは、前記決定されたモータの位相および速度を破棄し、前記誘起電圧と前記推定電圧との差が前記所定の値よりも小さいときは、前記決定されたモータの位相および速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、モータの回転速度が低いときのノイズの影響を排除することができるので、正確なモータの位相および回転速度を決定することができる。したがって、自由回転しているモータの位相および回転速度に同期した電力をモータに供給してモータを始動することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]モータの回転速度が高いときのモータの誘起電圧を示す図である。
[図2]モータの回転速度が低いときのモータの誘起電圧を示す図である。
[図3]本発明の一実施形態に係る電力変換装置を示すブロック図である。
[図4]インバータ制御部のブロック図である。
[図5]図4に示す同期始動制御部を示すブロック図である。
[図6]U相、V相、W相の電圧信号と、U-V相の線間電圧を示すパルス信号 P_{UV} と、V-W相の線間電圧を示すパルス信号 P_{VW} を表すグラフである。
[図7]自由回転しているモータの角周波数を算出するフローチャートを示す図である。
[図8]モータの同期始動の動作を示すフローチャートである。
[図9]U相およびV相の電圧信号と、U-V相の線間電圧を示すパルス信号 P_{UV} を表すグラフである。
[図10]モータの同期始動動作の他の実施形態を示すフローチャートである。
[図11]モータの同期始動動作のさらに他の実施形態を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図3は、本発明の一実施形態に係る電力変換装置を示すブロック図である。図3に示す例では、電力変換装置5は、ポンプPに連結されたモータMを駆動するために使用されている。図3に示すように、電力変換装置5は、インバータ10、センサ部15、インバータ制御部16、記憶部17、および操作通信部19を備えている。

[0017] インバータ10は、コンバータ回路11、インバータ回路12、ゲートドライブ回路13を有している。コンバータ回路11は整流回路を有しており、商用電源1から供給される3相の交流電力を直流電力に変換するように構成されている。インバータ回路12は、IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）などのスイッチング素子を有しており、コンバータ回路11によって変換された直流電力から3相の交流電力を生成する。ゲートドライブ回路13は、インバータ回路12の各スイッチング素子を開閉するためのゲートドライブ信号を生成する。インバータ回路12のスイッチング素子は、ゲートドライブ回路13からのゲートドライブ信号に従って駆動され、これによりインバータ回路12は可変周波数の交流電力を出力する。

[0018] センサ部15は電流測定器20および電圧測定器21を有している。電流測定器20は、インバータ回路12から出力される三相電流を測定して、その測定値（出力電流信号）をインバータ制御部16に送る。電圧測定器21は、モータMが発生する誘起電圧を測定して、その測定値（誘起電圧信号）をインバータ制御部16に送る。センサ部15は、ポンプPの吐出圧力、流量などの制御対象を測定する各種センサをさらに有してもよい。図3の符号25は、ポンプPの吐出圧力を測定する圧力センサである。

[0019] 記憶部17は不揮発性のメモリであり、インバータ回路12の駆動および制御のために必要な各種パラメータや、制御プログラムなどが格納されている。また、記憶部17には、吐出圧力制御などのポンプ運転制御に必要なプログラムや各種パラメータが記憶されている。

[0020] 操作通信部19は、電力変換装置5の外部からの操作により、電力変換装

置 5 の運転を開始および停止し、また各種設定値を設定するように構成されている。また、操作通信部 19 は、外部から周波数指令信号を受信し、また運転状況を示す信号を外部に出力する。操作通信部 19 は、より上位の制御装置との接続を通信を介して行うように構成されてもよい。

[0021] インバータ制御部 16 は、センサ部 15 から送られる測定信号、および操作通信部 19 から送られる周波数指令信号に基づいて、モータ M の回転速度を制御する。すなわち、インバータ制御部 16 は、周波数指令信号を操作通信部 19 から受け、センサ部 15 からの測定信号に基づいて PWM 信号を生成する。この PWM 信号はゲートドライブ回路 13 に送られる。ゲートドライブ回路 13 は、PWM 信号に基づいて、インバータ回路 12 のスイッチング素子を駆動するためのゲートドライブ信号を生成する。インバータ回路 12 のスイッチング素子は、ゲートドライブ回路 13 からのゲートドライブ信号に従って駆動され、これによりインバータ回路 12 は可変周波数の交流電力を出力する。

[0022] 図 4 はインバータ制御部 16 のブロック図である。インバータ制御部 16 は、モータ M に供給する電流をトルク電流成分と磁化電流成分とに分解してこれらを独立に制御するベクトル制御部 30 と、モータ M に発生する誘起電圧からモータ M の位相および回転速度を決定する同期始動制御部 50 とを有している。同期始動制御部 50 は、自由回転しているモータ M の回転速度を決定することができるので、ベクトル制御部 30 はモータ M の回転速度に同期したインバータ駆動を開始することができる。

[0023] インバータ 10 の 3 相の出力電流は、電流測定器 20 により測定される。測定された三相電流 I_u , I_v , I_w は、3/2 相変換部 32、静止/回転座標変換部 33 により、回転座標系上の二相電流 I_d , I_q に変換された後、磁化電圧制御部 34 およびトルク電圧制御部 35 に入力される。磁化電圧制御部 34 は、磁化電流 I_d と磁化電流指令値 I_d^* との偏差を 0 とする磁化電圧指令値 V_d^* を PI 演算により求める。磁化電流指令値 I_d^* は、モータモデルを用いて算出された理想的な磁化電流である。トルク電圧制御部 35

は、トルク電流 I_q とトルク電流指令値 I_q^* との偏差を 0 とするトルク電圧指令値 V_q^* を P I 演算により求める。

[0024] 目標トルク電流決定部 37 は、外部から入力された角速度指令値 ω^* と現在の角速度 ω との偏差が 0 となるように P I 演算を行なってトルク電流指令値 I_q^* を決定する。現在の角速度 ω は、電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* に基づき、軸誤差推定器 (PLL) 38 によって求められる。さらに、積分器 39 により角速度 ω から位相 θ が求められる。得られた位相 θ は、静止／回転座標変換部 33 および回転／静止座標変換部 40 に送られる。電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* は、回転／静止座標変換部 40 および 2／3 相変換部 41 を経て固定座標系上の 3 相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換される。

[0025] ベクトル制御部 30 は、これら三相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に対応した PWM 信号を生成し、この PWM 信号をゲートドライブ回路 13 に送る。ゲートドライブ回路 13 は、三相電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に対応する PWM 信号に基づいてゲートドライブ回路 PWM 信号を生成し、スイッチング素子は、ゲートドライブ回路 PWM 信号に基づいて動作 (オン、オフ) される。このように、インバータ 10 はベクトル制御部 30 からの三相電圧指令値に基づいた電圧を生成し、これをモータ M に印加する。

[0026] ポンプが水道本管に直結された、いわゆる直結型の給水装置では、ポンプが停止しているときでも、水道本管からの液体の圧力により給水が行われることがある。したがって、インバータ 10 によりモータ M が駆動されていないときであっても、ポンプ内を流れる液体によりポンプの羽根車およびこれに連結されたモータ M が回転する。このようにモータ M が自由回転している状態からインバータ 10 によりモータ M を始動するためには、回転しているモータ M の誘起電圧の周波数および位相に同期した電圧をインバータ 10 が生成する必要がある。

[0027] モータ M の自由回転は、瞬間的な停電の直後にも起こる。すなわち、モータ M がインバータ 10 により駆動されている最中に瞬間的な停電が起こると、モータ M に電力が供給されていなくても、モータ M のロータは慣性により

しばらくの間は回転し続ける。停電が復旧した後に自由回転しているモータMを始動するときは、モータMの誘起電圧の周波数および位相に同期した電圧をインバータ10が生成する必要がある。

[0028] 本明細書では、モータが電力の供給を受けずに、外部の運動エネルギーまたは慣性により回転している状態を「自由回転」という。このような自由回転しているモータとインバータとの同期始動を実現するために、本電力変換装置5は、モータMのU相、V相、W相の誘起電圧を測定し、その測定された電圧から自由回転しているモータの位相（磁極位置）および回転速度を推定し、その推定された位相および回転速度に基づいて、インバータ10の制御を開始する。

[0029] 回転しているモータMは、誘起電圧を発生する。電力変換装置5はこのモータMの誘起電圧からモータMの位相および回転速度を決定する。図5は、図4に示す同期始動制御部50を示すブロック図である。図5に示すように、同期始動制御部50は、U相－V相間の電圧差からパルス信号を生成する第1の線間電圧比較器51A、V相－W相間の電圧差からパルス信号を生成する第2の線間電圧比較器51B、第1の線間電圧比較器51Aにより生成されたパルス信号のパルスエッジを検出する第1のパルスエッジ検出部52A、第2の線間電圧比較器51Bにより生成されたパルス信号のパルスエッジを検出する第2のパルスエッジ検出部52B、およびパルスエッジからモータの位相を特定し、かつモータの回転速度を算出する速度算出部55を有している。

[0030] 電圧測定器21は、インバータ10とモータMとを接続する三相の線の電圧を測定し、U相、V相、W相の電圧信号を出力する。この三相の出力電圧信号は、自由回転しているモータMの誘起電圧を示す信号である。出力電圧信号はゲイン調整器49により増幅された後、第1の線間電圧比較器51A、第2の線間電圧比較器51B、および速度算出部55のADコンバータ55aに送られる。

[0031] 第1の線間電圧比較器51Aは、U相の電圧信号とV相の電圧信号とを比

較して、パルス信号 P_{UV} を生成する。具体的には、V相の電圧信号がU相の電圧信号よりも高いときは高位信号を発生し、V相の電圧信号がU相の電圧信号よりも低いときは低位信号を発生する。同様に、第2の線間電圧比較器 51Bは、V相の電圧信号とW相の電圧信号とを比較して、パルス信号 P_{VW} を生成する。すなわち、W相の電圧信号がV相の電圧信号よりも高いときは高位信号を発生し、W相の電圧信号がV相の電圧信号よりも低いときは低位信号を発生する。

[0032] 図6は、U相、V相、W相の電圧信号と、U-V相の線間電圧を示すパルス信号 P_{UV} と、V-W相の線間電圧を示すパルス信号 P_{VW} を表すグラフである。グラフから分かるように、パルス信号 P_{UV} の立ち上がりエッジE1および立ち下がりエッジE2は、U相の電圧信号とV相の電圧信号とが交差する点で現れ、パルス信号 P_{VW} の立ち上がりエッジE3および立ち下がりエッジE4は、V相の電圧信号とW相の電圧信号とが交差する点で現れる。

[0033] 線間電圧比較器 51A, 51Bで生成されたパルス信号 P_{UV} およびパルス信号 P_{VW} は、それぞれ第1のパルスエッジ検出部 52Aおよび第2のパルスエッジ検出部 52Bに送られる。第1のパルスエッジ検出部 52Aは、パルス信号 P_{UV} の立ち上がりエッジE1および立ち下がりエッジE2を検出し、これら立ち上がりエッジE1および立ち下がりエッジE2が検出されるたびに、パルスエッジ検出信号を速度算出部 55に送る。同様に、第2のパルスエッジ検出部 52Bは、パルス信号 P_{VW} の立ち上がりエッジE3および立ち下がりエッジE4を検出し、これら立ち上がりエッジE3および立ち下がりエッジE4が検出されるたびに、パルスエッジ検出信号を速度算出部 55に送る。以下、これらパルス信号 P_{UV} およびパルス信号 P_{VW} の立ち上がりエッジおよび立ち下がりエッジを、総称してパルスエッジと呼ぶ。図6から、モータの誘起電圧の1周期内には、4つのパルスエッジE1, E2, E3, E4が現れることが分かる。

[0034] 速度算出部 55は、第1のパルスエッジ検出部 52Aまたは第2のパルスエッジ検出部 52Bからのパルスエッジ検出信号を受けると、以下に説明す

るように、モータMの位相の特定および角周波数（すなわち回転速度のスカラー量）の計算を開始する。

[0035] 図7は、自由回転しているモータの角周波数（回転速度）を算出するフローチャートを示す図である。速度算出部55は、パルスエッジ検出信号を受けると、現在の時刻 t_n を取得する。次に、速度算出部55は、検出されたパルスエッジの位相（角度） θ_n を特定し、時刻 t_n におけるモータの位相 θ_n をベクトル制御部30の積分器39に送る。位相 θ_n は、誘起電圧の1周期内に現れるパルスエッジごとに予め設定されている。すなわち、パルスエッジE1の位相は $5/6\pi$ 、パルスエッジE2の位相は $-1/6\pi$ 、パルスエッジE3の位相は $-1/2\pi$ 、パルスエッジE4の位相は $1/2\pi$ に設定されている。

[0036] したがって、検出されたパルスエッジがパルスエッジE1であれば、速度算出部55はモータの位相 θ_n として $5/6\pi$ を積分器39に送る。同様に、検出されたパルスエッジがパルスエッジE2であれば、速度算出部55はモータの位相 θ_n として $-1/6\pi$ を積分器39に送る。検出されたパルスエッジがパルスエッジE3であれば、速度算出部55はモータの位相 θ_n として $-1/2\pi$ を積分器39に送る。検出されたパルスエッジがパルスエッジE4であれば、速度算出部55はモータの位相 θ_n として $1/2\pi$ を積分器39に送る。位相 θ_n が入力されると、積分器39は位相 θ を位相 θ_n にリセットし（位相 θ を位相 θ_n に置き換え）、位相 θ_n を静止／回転座標変換部33および回転／静止座標変換部40に送る。

[0037] 図6に示すように、速度算出部55は、前回パルスエッジを検出してから経過時間 Δt と、現在の位相 θ_n と、前回パルスエッジが検出されたときの位相 θ_{n-1} とから、自由回転しているモータの角周波数 ω_n を次のように決定する。

[数1]

$$\omega_n = \frac{\theta_n - \theta_{n-1}}{\Delta t} \quad (1)$$

このようにして、自由回転しているモータの位相 θ_n および角周波数 ω_n が決定される。

[0038] 図6に示す3相電圧は、比較的大きな振幅を有する。しかしながら、自由回転しているモータの回転速度が低いときは、図2に示すように、誘起電圧は小さくなる。このため、各相の電圧の波形に現れるノイズの影響で、U相、V相、W相間の交差点から決定されるパルス信号が不安定となる。結果として、モータの正確な位相や回転速度を得ることができない。

[0039] そこで、速度算出部55は、モータの誘起電圧が小さいときにはモータを同期運転させない機能を有している。図8は、モータの同期始動の動作を示すフローチャートである。インバータ10の停止中にパルスエッジが検出されると（ステップ1）、タイマーが0にリセットされ、タイマーが始動される（ステップ2）。モータの出力電圧（誘起電圧）の測定値は、電圧測定器21からADコンバータ55aを介して速度算出部55に取り込まれ、予め設定されたしきい値と比較される（ステップ3）。モータの出力電圧がしきい値以下であるときは、角周波数 ω_n および位相 θ_n は破棄され、角周波数 ω_n および位相 θ_n はいずれも0に設定される（ステップ5）。そして、0に設定された角周波数 ω_n および位相 θ_n がベクトル制御部30に送られる（ステップ6）。

[0040] 一方、モータの出力電圧がしきい値よりも大きいときは、上記式（1）を用いて角周波数 ω_n が算出され、さらに、検出されたパルスエッジに基づいて位相 θ_n が特定される（ステップ4）。その後、得られた角周波数 ω_n および位相 θ_n がベクトル制御部30に送られる（ステップ6）。ベクトル制御部30は、外部から運転指令が入力したか否かを判断し（ステップ7）、運転指令が未入力の場合には、処理フローはステップ1に戻る。一方、運転指令が入力された場合には、自由回転しているモータの速度に同期してモータを始動させる（ステップ8）。なお、本実施形態では、ステップ3でモータの出力電圧がしきい値より大きいかどうかを判断した後にステップ4で角周波数 ω_n および位相 θ_n が算出されるが、ステップ3とステップ4の順番を入れ替

えて、先に角周波数 ω_n および位相 θ_n を算出してから、モータの出力電圧がしきい値より大きいかどうかを判断してもよい。

[0041] 図4に示すスイッチSW1は、軸誤差推定器38および同期始動制御部50に接続されており、軸誤差推定器38からの角周波数 ω_c および同期始動制御部50からの角周波数 ω_n のうちのいずれか一方のみを選択的に通過させるように構成されている。したがって、目標トルク電流決定部37および積分器39に入力される角周波数 ω としては、角周波数 ω_c または角周波数 ω_n のいずれかが採用される。ステップ7で運転指令が入力されたと判断されるまでは、スイッチSW1を介して同期始動制御部50とベクトル制御部30とが接続され、同期始動制御部50からの角周波数 ω_n がベクトル制御部30に入力され続ける。そして、運転指令が入力されたと判断されると、軸誤差推定器38からの角周波数 ω_c がスイッチSW1を介して目標トルク電流決定部37および積分器39に送られ、ベクトル制御が行われる。

[0042] モータが回転していない場合は、パルスエッジは検出されない。したがって、ステップ1において、所定時間内にパルスエッジが検出されなかった場合には、タイマーがリセットされ（ステップ9）、さらに角周波数 ω_n および位相 θ_n はいずれも0に設定される（ステップ5）。

[0043] 上述したように、モータの出力電圧がしきい値以下のときは、得られた角周波数 ω_n および位相 θ_n は破棄され、角周波数 ω_n および位相 θ_n は0に設定される（ステップ5参照）。これは、モータの誘起電圧が小さいことに起因して、モータの出力電圧波形に現れたノイズがパルスエッジを生成したと考えられるからである。つまり、ノイズに起因して生成されたパルスエッジからは、実際のモータの回転速度および位相を決定することができない。一方、モータの出力電圧がしきい値よりも大きいときは、算出された角周波数 ω_n および特定された位相 θ_n がベクトル制御部30に送られる（ステップ4参照）。

[0044] 角周波数 ω_n は、スイッチSW1を介して目標トルク電流決定部37および積分器39に入力され、位相 θ_n は積分器39を介して回転／静止座標変換部

40および静止／回転座標変換部33に入力される。そして、ベクトル制御部30は、自由回転しているモータMの位相および回転速度に同期した電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成する。インバータ10は、電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に従って電力を出力し、モータMを始動させる（ステップ8）。このようにして、電力変換装置5は、インバータ10の出力電圧の周波数および位相を、自由回転しているモータの出力電圧の周波数および位相に同期させた状態で、モータを始動させることができる。

[0045] モータの回転速度が遅くなるほど、モータの誘起電圧は低くなる。このため、始動しようとするモータの回転速度が0または非常に低い場合は、モータの出力電圧が上記しきい値を上回ることができない。結果として、処理フローはステップ4に進むことができず、モータの同期始動ができない。そこで、上述したように、タイマーにより計測された時間が予め設定した時間を過ぎたときは、角周波数 ω_n が0であると仮定してモータが始動される（図8のステップ9，5参照）。具体的には、パルスエッジが所定時間内に検出されなかった場合は、角周波数 ω_n が0に設定される。このような処理ステップを処理フローに組み入れることにより、モータの回転速度が0または非常に低いときであってもモータが始動される。

[0046] 本実施形態では、2つのパルス信号 P_{uv} およびパルス信号 P_{vw} が生成されるので、誘起電圧の1周期内には、4つのパルスエッジE1，E2，E3，E4が現れる。このパルスエッジが現れる順序から、モータの回転方向を決定することができる。具体的には、モータが正方向に回転しているときは、E1，E3，E2，E4の順にパルスエッジが現れる。一方、具体的には、モータが逆方向に回転しているときは、E4，E2，E3，E1の順にパルスエッジが現れる。したがって、速度算出部55は、パルスエッジの順序からモータの回転方向を決定することができる。

[0047] 1つのパルス信号からはモータの回転方向を決定することはできないが、モータの位相 θ_n および角周波数 ω_n を決定することはできる。図9は、U相およびV相の電圧信号と、U－V相の線間電圧を示すパルス信号 P_{uv} を表す

グラフである。図9から分かるように、モータの出力電圧の1周期内に2つのパルスエッジE1, E2が現れる。したがって、パルスエッジE1, E2から位相 θ_n を特定し、さらに上記式(1)を用いて角周波数 ω_n を算出することができる。

[0048] 図10は、モータの同期始動動作の他の実施形態を示すフローチャートである。この実施形態では、ステップ3にて、上記式(1)を用いて角周波数 ω_n が算出され、さらに、検出されたパルスエッジに基づいて位相 θ_n が特定される。さらに、ステップ4にて、角周波数 ω_n から求められる周波数 f_n (以下、推定周波数 f_n という)と、モータの出力電圧(誘起電圧)の周波数 f_i (以下、出力周波数 f_i という)との差に基づいて、算出された角周波数 ω_n および位相 θ_n を破棄して、これらを0に設定するか否かが速度算出部55により判断される。ステップ3, 4以外のステップは、図8に示すステップと同じである。

[0049] 推定周波数 f_n は、算出された角周波数 ω_n と、公知の式 $\omega = 2\pi f$ とから算出することができる。一方、出力周波数 f_i は、ADコンバータ55aに入力されたモータの出力電圧の測定値と、既知の比例定数 V/f とから求めることができる。具体的には、モータの出力電圧の測定値を比例定数 V/f で割ることにより、出力周波数 f_i を求めることができる。この比例定数 V/f は、モータに固有の定数であり、モータの定格電圧をモータの定格周波数で割ることにより求められる。

[0050] 次に、推定周波数 f_n と出力周波数 f_i との差の絶対値(大きさ)が所定の値と比較される(ステップ4)。推定周波数 f_n と出力周波数 f_i との差の絶対値が所定の値以上である場合には、算出された角周波数 ω_n および位相 θ_n は破棄され、角周波数 ω_n および位相 θ_n は0に設定される(ステップ5)。そして、0に設定された角周波数 ω_n および位相 θ_n がベクトル制御部30に送られる(ステップ6)。

[0051] 一方、推定周波数 f_n と出力周波数 f_i との差の絶対値が所定の値よりも小さい場合には、算出された角周波数 ω_n および特定された位相 θ_n がベクトル制

御部 30 に送られる（ステップ 6）。ベクトル制御部 30 は、角周波数 ω_n および位相 θ_n に基づいてインバータ 10 への電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成する。インバータ 10 は、自由回転しているモータの誘起電圧の位相および周波数に同期した電圧をモータに出力する。

[0052] 図 11 は、モータの同期始動動作のさらに他の実施形態を示すフローチャートである。この実施形態では、ステップ 3 にて、上記式（1）を用いて角周波数 ω_n が算出され、さらに、検出されたパルスエッジに基づいて位相 θ_n が特定される。さらに、ステップ 4 にて、角周波数 ω_n から求められる推定電圧 V_n と、AD コンバータ 55a に入力されたモータの出力電圧 V_i との差に基づいて、算出された角周波数 ω_n および位相 θ_n を破棄して、これらを 0 に設定するか否かが速度算出部 55 により判断される。ステップ 3、4 以外のステップは、図 8 に示すステップと同じである。

[0053] 推定電圧 V_n は、算出された角周波数 ω_n と、公知の式 $\omega = 2\pi f$ と、既知の定数 V/f とから算出することができる。次に、推定電圧 V_n と出力電圧 V_i との差の絶対値（大きさ）が所定の値と比較される（ステップ 4）。推定電圧 V_n と出力電圧 V_i との差の絶対値（大きさ）が所定の値以上である場合には、算出された角周波数 ω および位相 θ_n は破棄され、角周波数 ω_n および位相 θ_n は 0 に設定される（ステップ 5）。そして、0 に設定された角周波数 ω_n および位相 θ_n がベクトル制御部 30 に送られる（ステップ 6）。

[0054] 一方、推定電圧 V_n と出力電圧 V_i との差の絶対値が所定の値よりも小さい場合には、算出された角周波数 ω_n および特定された位相 θ_n がベクトル制御部 30 に送られる（ステップ 6）。ベクトル制御部 30 は、角周波数 ω_n および位相 θ_n に基づいてインバータ 10 への電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成する。インバータ 10 は、自由回転しているモータの誘起電圧の位相および周波数に同期した電圧をモータに出力する。

[0055] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発

明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうることである。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明は、ロータの位置センサを用いることなく、モータを駆動することができる電力変換装置に適用可能である。

符号の説明

- [0057]
- | | |
|----------|-----------|
| 1 | 商用電源 |
| 5 | 電力変換装置 |
| 10 | インバータ |
| 11 | コンバータ回路 |
| 12 | インバータ回路 |
| 13 | ゲートドライブ部 |
| 15 | センサ部 |
| 16 | インバータ制御部 |
| 17 | 記憶部 |
| 19 | 操作通信部 |
| 20 | 電流測定部 |
| 21 | 電圧測定部 |
| 30 | ベクトル制御部 |
| 50 | 同期始動制御部 |
| 51A, 51B | 線間電圧比較器 |
| 52A, 52B | パルスエッジ検出部 |
| 55 | 速度算出部 |

請求の範囲

[請求項1]

モータを駆動するための電力変換装置であって、
前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、
前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、
前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、
測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、
前記同期始動制御部は、前記誘起電圧が予め設定された値以下であるときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を破棄し、前記誘起電圧が前記予め設定された値よりも大きいときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする電力変換装置。

[請求項2]

モータを駆動するための電力変換装置であって、
前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、
前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、
前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、
測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、
前記同期始動制御部は、前記決定されたモータの回転速度を周波数に換算して推定周波数を取得し、前記誘起電圧と前記モータに固有の比例定数 V/f とから出力周波数を算出し、前記出力周波数と前記推定周波数との差が所定の値以上であるときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を破棄し、前記出力周波数と前記推定周波数との差が前記所定の値よりも小さいときは、前記決定されたモータの位相および回転速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする電力変換装置。

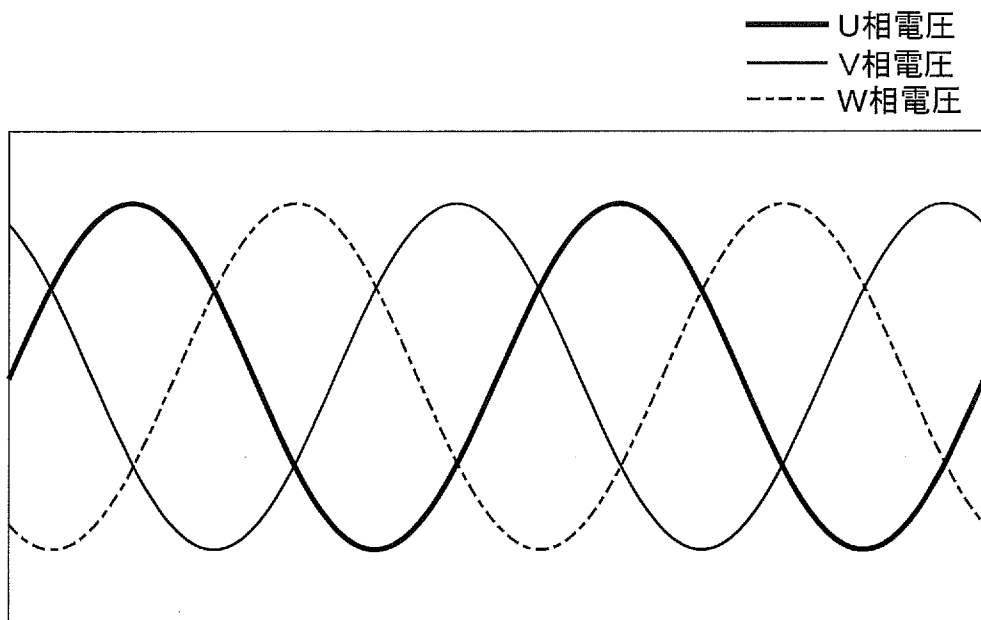
[請求項3]

モータを駆動するための電力変換装置であって、
前記モータの誘起電圧を測定する電圧測定器と、

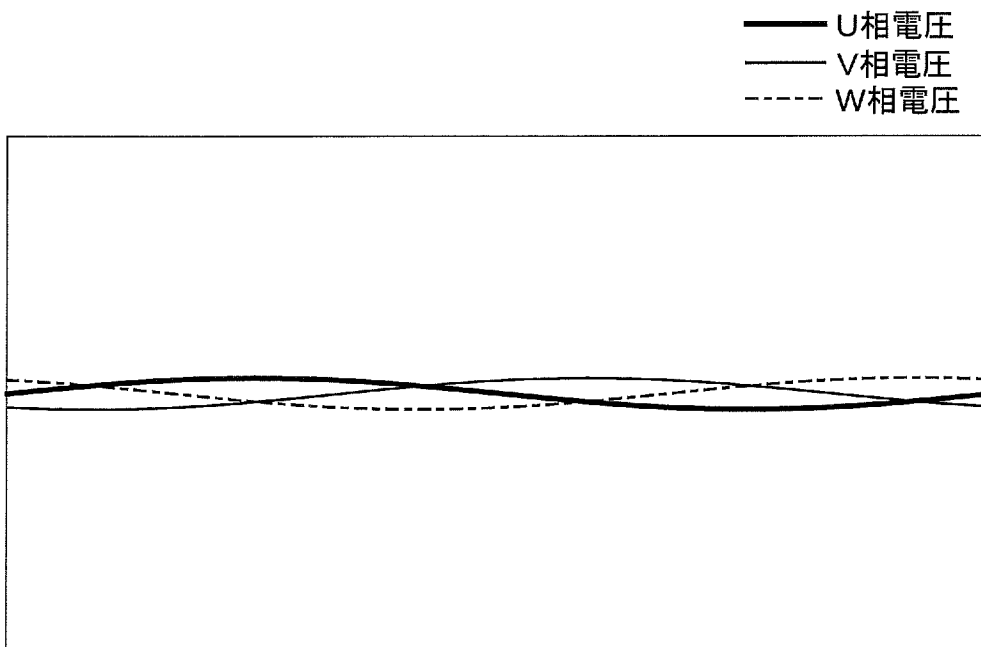
前記モータに可変周波数の電力を供給するインバータと、
前記インバータの出力電力を制御するベクトル制御部と、
測定された前記誘起電圧から前記モータの位相および回転速度を決定する同期始動制御部とを備え、

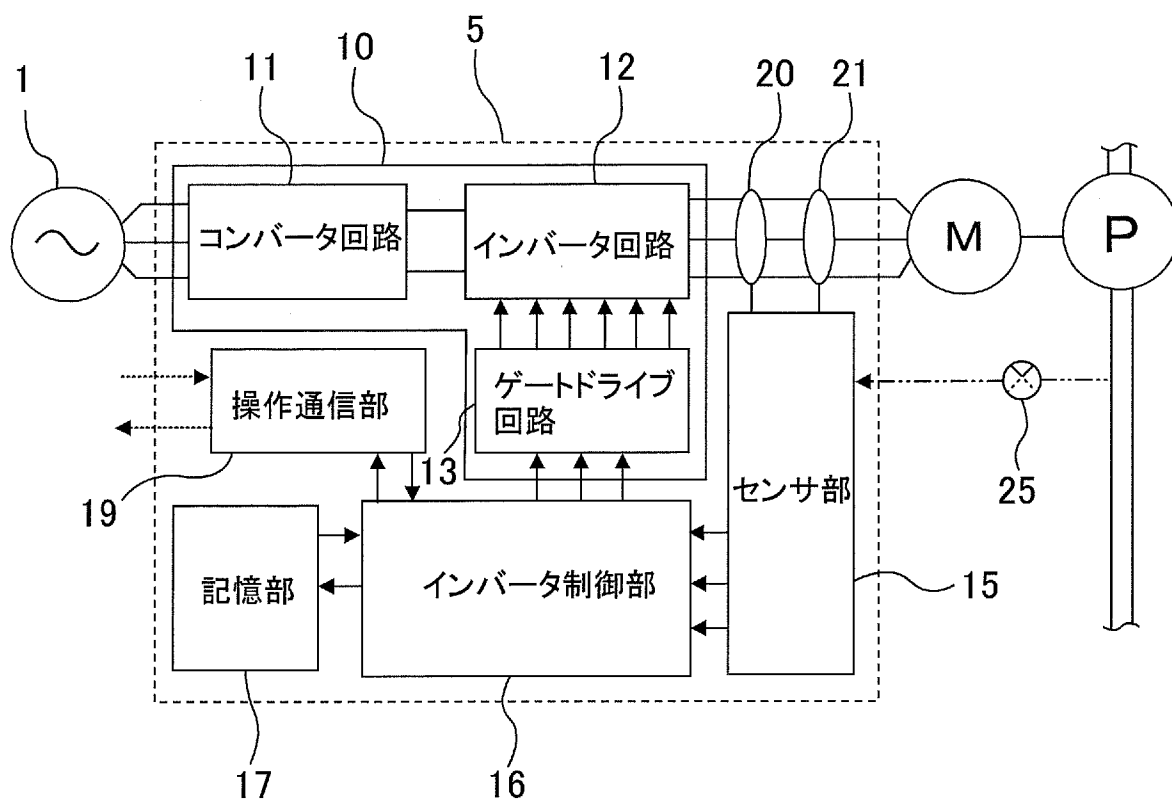
前記同期始動制御部は、前記決定されたモータの回転速度を周波数に換算し、得られた前記モータの周波数と前記モータに固有の比例定数 V/f とから推定電圧を算出し、前記誘起電圧と前記推定電圧との差が所定の値以上であるときは、前記決定されたモータの位相および速度を破棄し、前記誘起電圧と前記推定電圧との差が前記所定の値よりも小さいときは、前記決定されたモータの位相および速度を前記ベクトル制御部に送ることを特徴とする電力変換装置。

[図1]



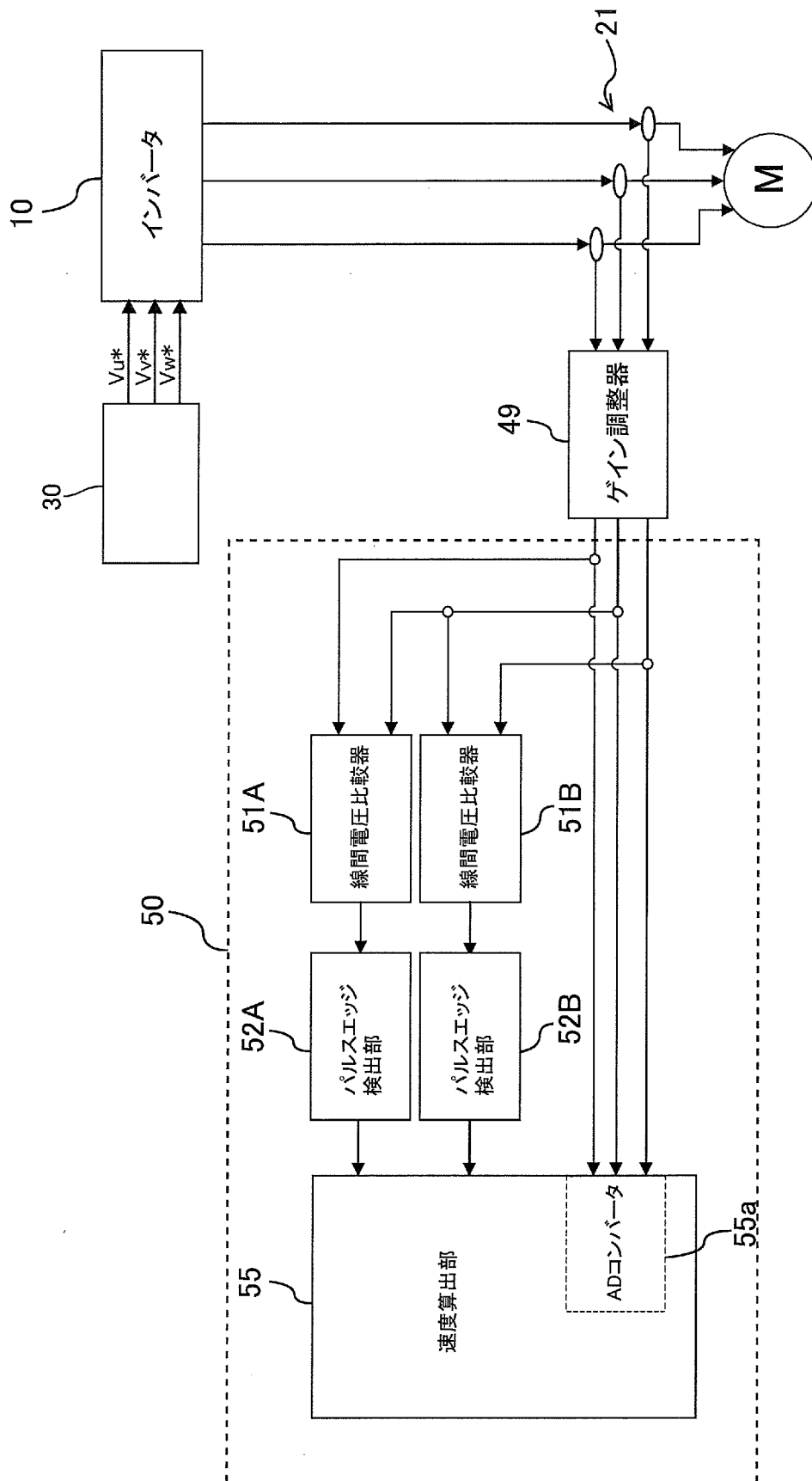
[図2]



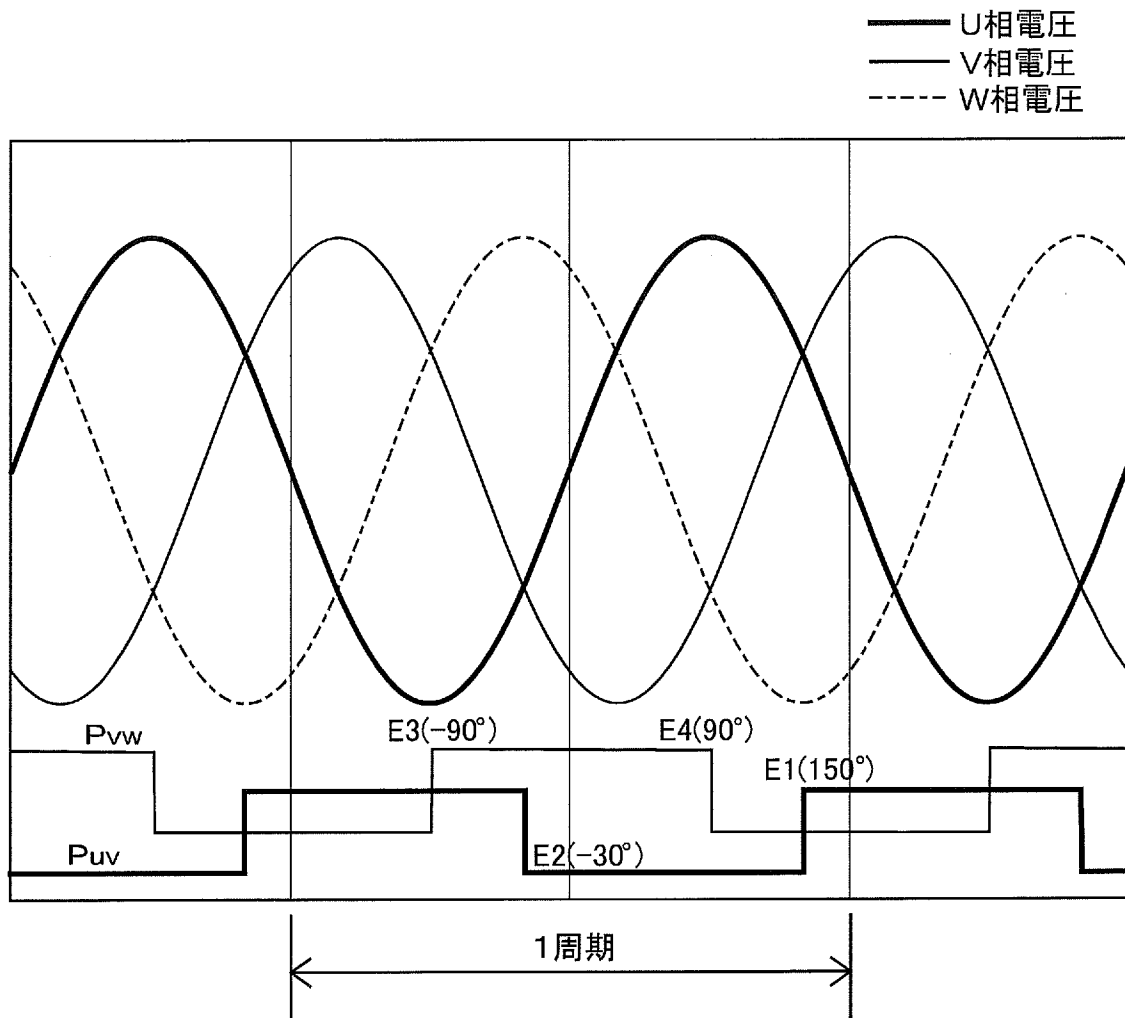


[illegible]

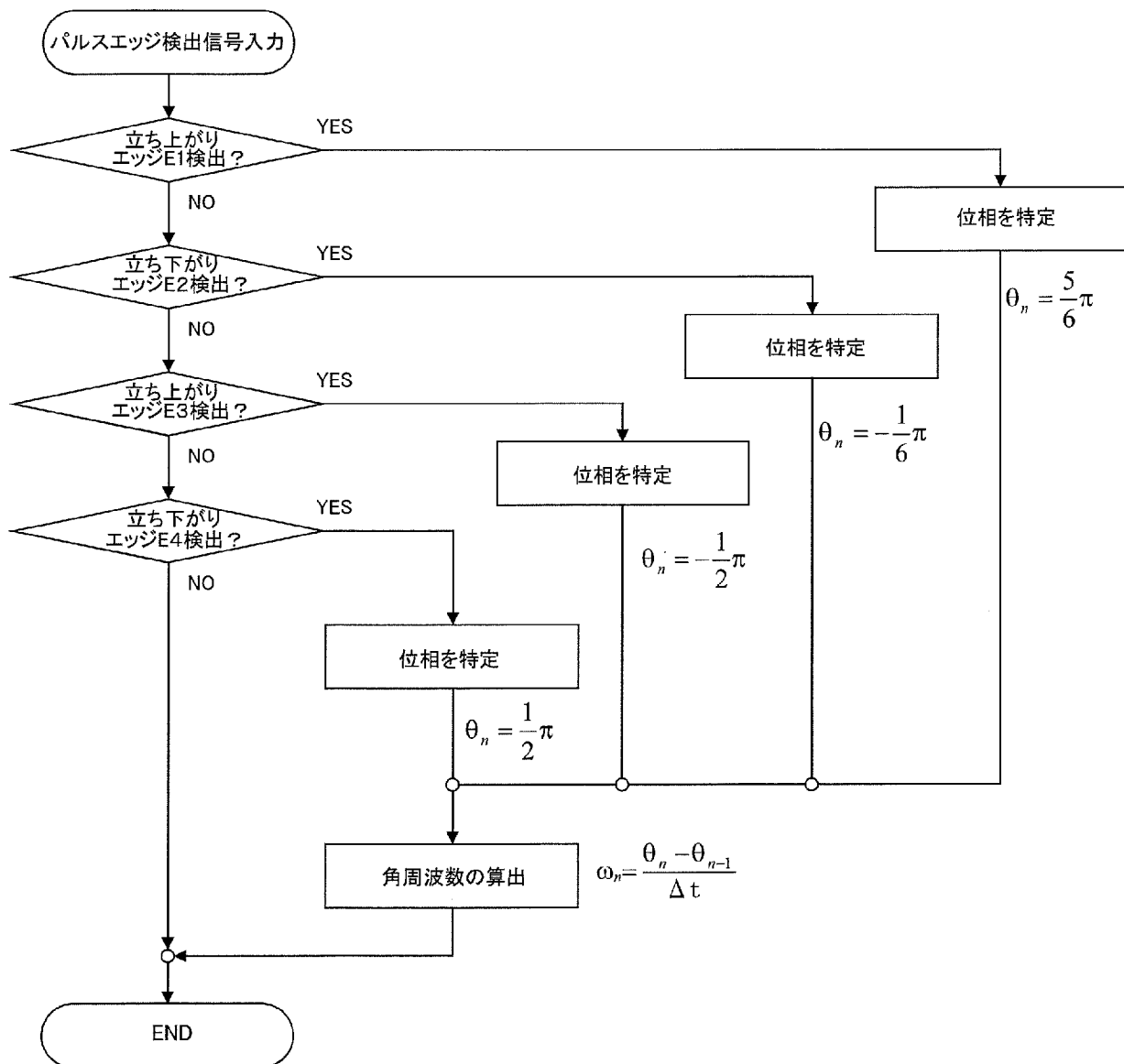
[図5]



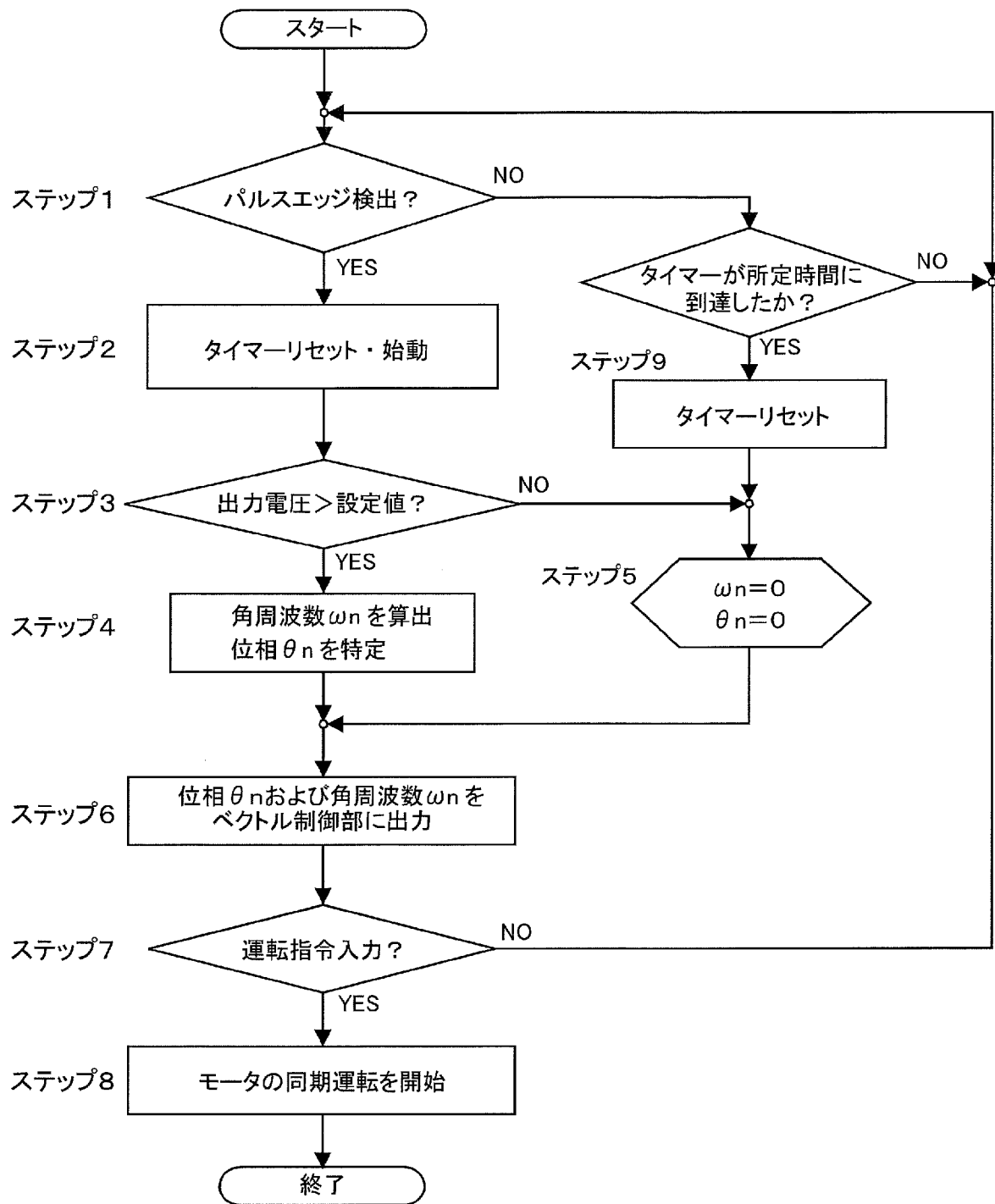
[図6]



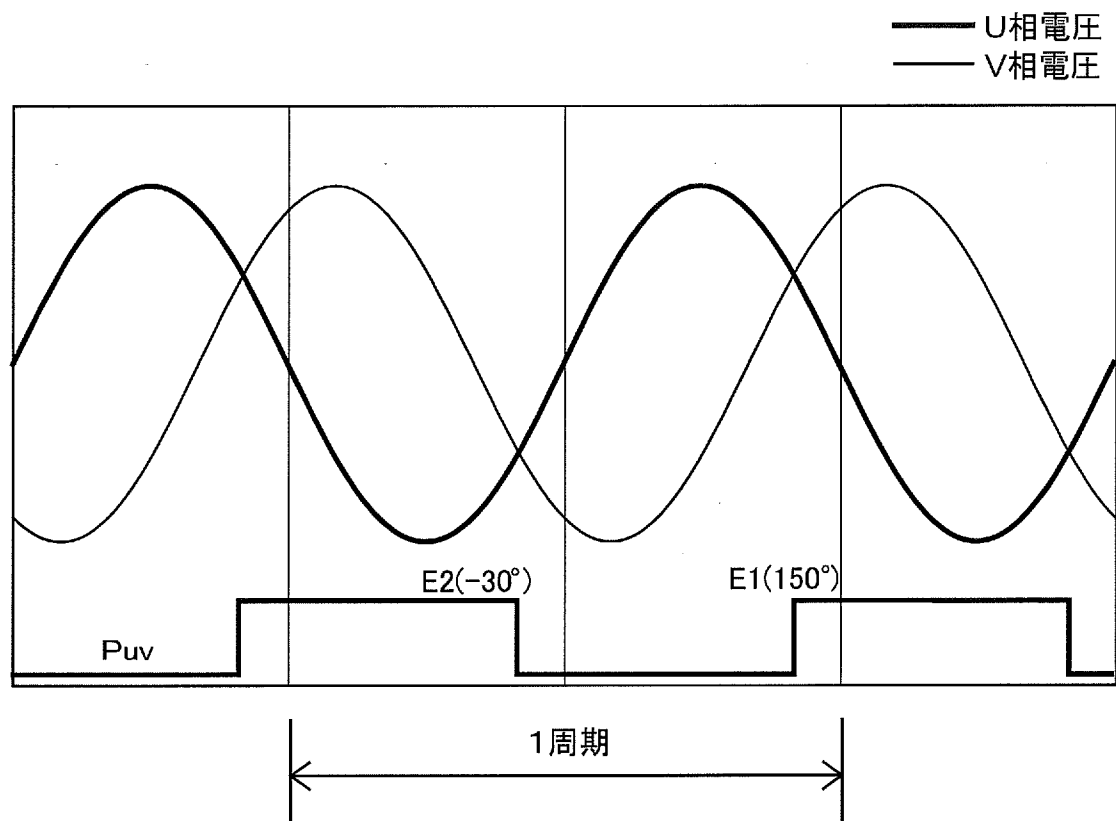
[図7]



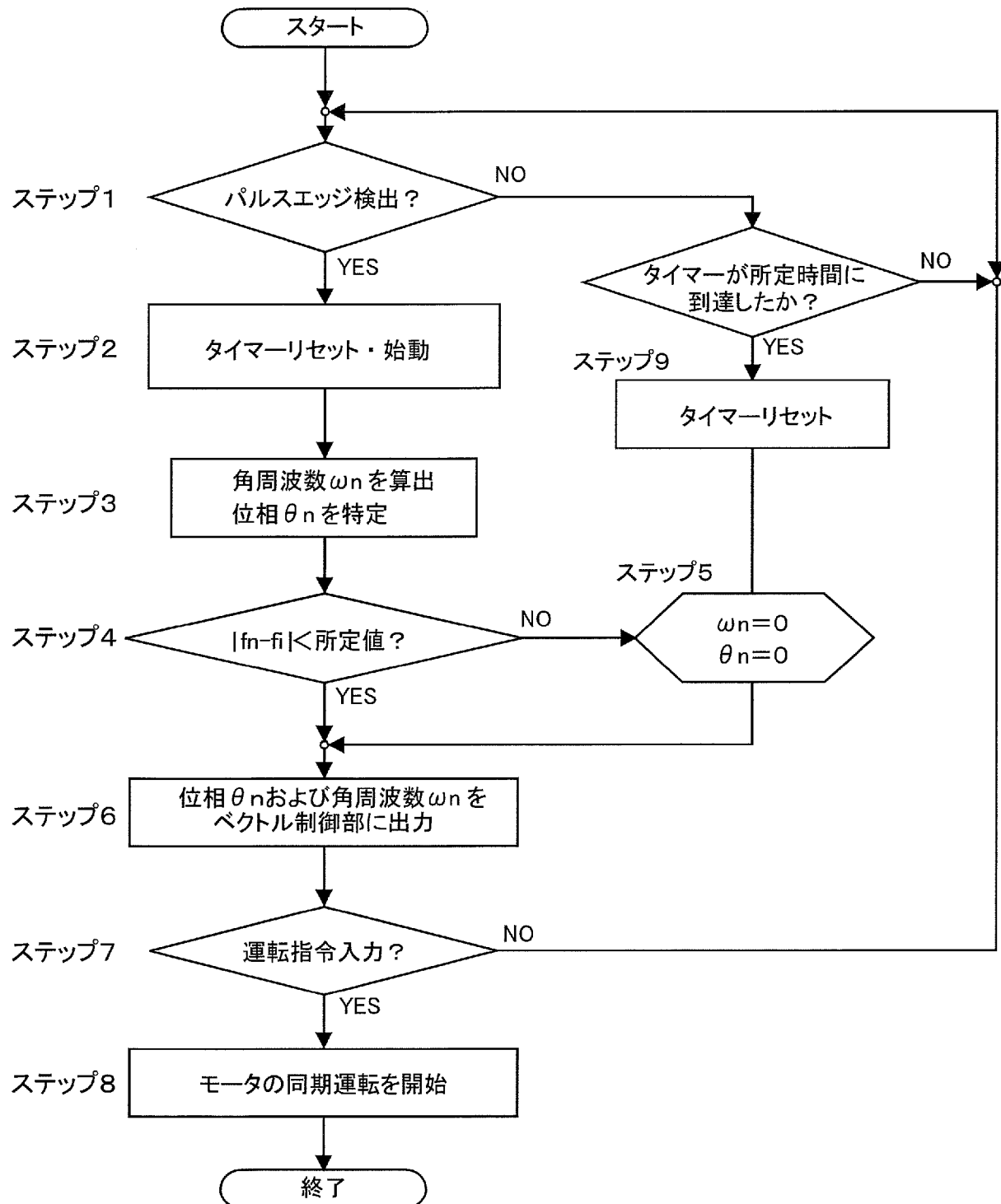
[図8]



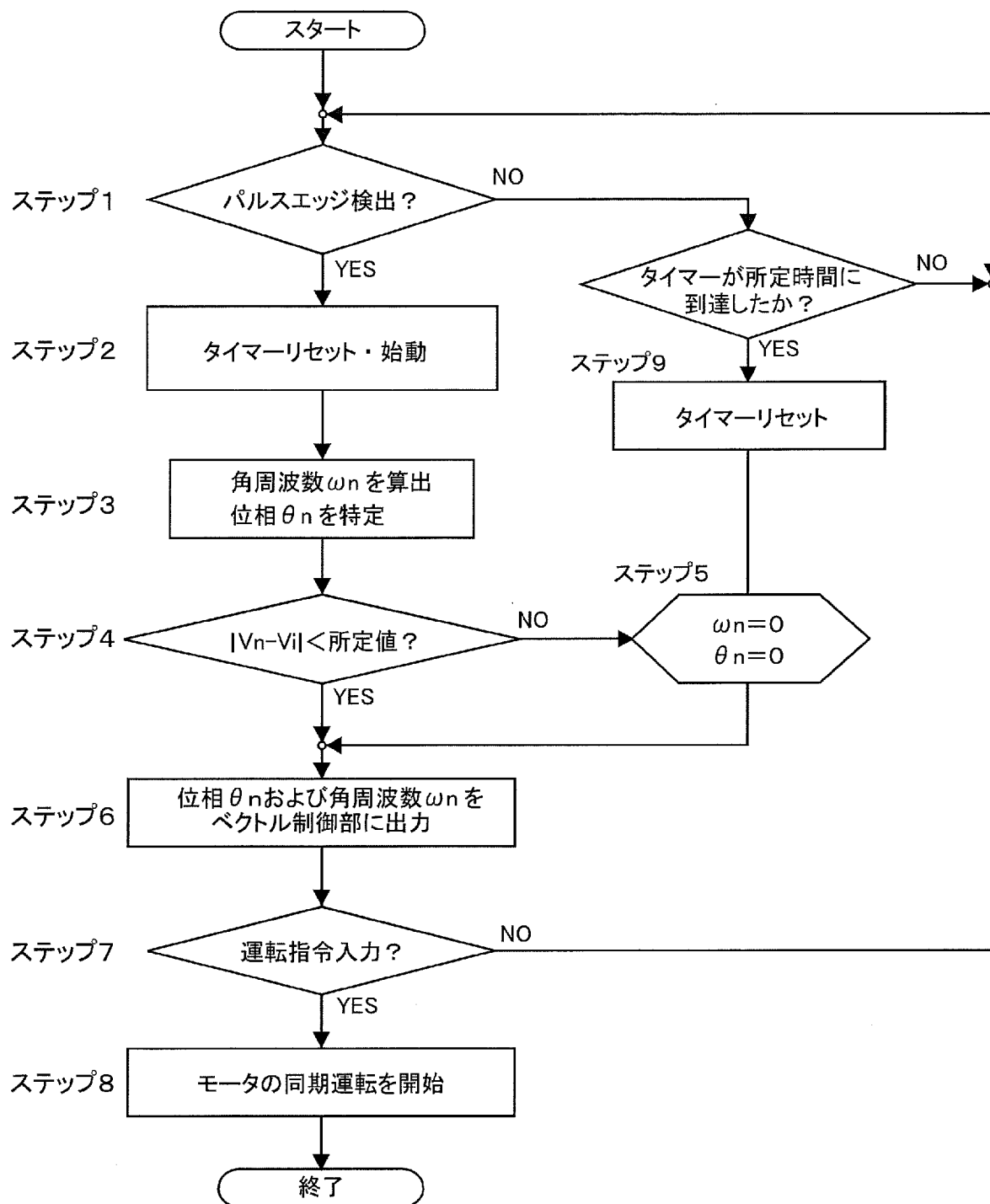
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/058890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P6/18(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)

H02P6/18, 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.
Y	JP 2011-19348 A (Hitachi, Ltd.), 27 January 2011 (27.01.2011), paragraphs [0014] to [0085]; fig. 1 to 13 & US 2011/0006715 A1 & EP 2273665 A2	1-3
Y	JP 2004-159500 A (Hitachi, Ltd.), 03 June 2004 (03.06.2004), paragraphs [0021] to [0041] (Family: none)	1-3

☐ 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
14 June, 2012 (14.06.12)

Date of mailing of the international search report
26 June, 2012 (26.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P6/18(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. H02P6/18, 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
Y	JP 2011-19348 A（株式会社日立製作所）2011.01.27, 段落【0014】 - 【0085】、図 1-13 & US 2011/0006715 A1 & EP 2273665 A2	1-3
Y	JP 2004-159500 A（株式会社日立製作所）2004.06.03, 段落【0021】 - 【0041】（ファミリーなし）	1-3

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 4 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 6 . 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）

森山 拓哉

3 V

3 9 2 4

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