

(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
2016年1月7日(07.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/002744 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 6/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068761
- (22) 国際出願日: 2015年6月30日(30.06.2015)
- (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 2014-135464 2014年6月30日(30.06.2014) JP
- (71) 出願人: マイクロスぺース株式会社 (MICROSPACE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川5丁目7番14号402 Tokyo (JP). 太陽誘電株式会社 (TAIYO YUDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野6丁目16番20号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 田中 正人(TANAKA, Masato); 〒1410001 東京都品川区北品川5丁目7番14号402 マイクロスぺース株式会社内 Tokyo (JP). 萩原 弘三(HAGIWARA, Hiromi); 〒1100005 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 浅沼 和夫(ASANUMA, Kazuo); 〒

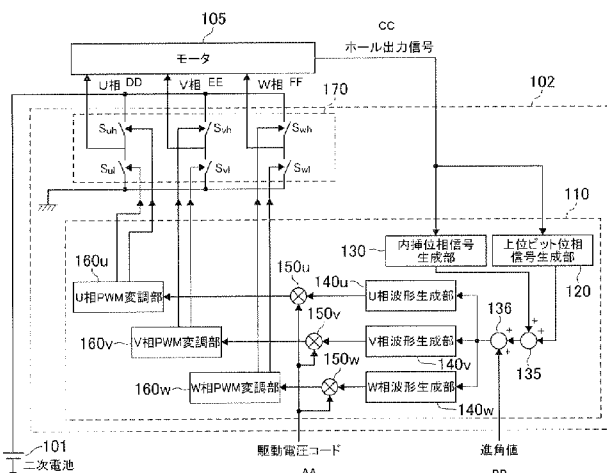
1100005 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 白川 弘和 (SHIRAKAWA, Hirokazu); 〒1100005 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

- (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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: MOTOR CONTROL DEVICE, MOTOR DRIVE CONTROL DEVICE, AND SIGNAL GENERATION METHOD

(54) 発明の名称: モータ制御装置、モータ駆動制御装置および信号生成方法



- 101 Secondary battery
105 Motor
120 Most significant bit phase signal generation unit
130 Interpolated phase signal generation unit
140u U-phase waveform generation unit
140v V-phase waveform generation unit
140w W-phase waveform generation unit
160u U-phase PWM modulation unit
160v V-phase PWM modulation unit
160w W-phase PWM modulation unit
AA Drive voltage code
BB Angle advancement value
CC Hall output signal
DD U phase
EE V phase
FF W phase

(57) Abstract: The motor drive control device in one embodiment of the present invention measures the time interval of an edge pulse, and on the basis of the measured time interval, determines the predicted value of the time interval until the next edge pulse is output. A signal having a frequency that is a predetermined multiple of the predicted value is generated on the basis of the predicted value, and an output value counting said signal is an interpolated phase signal. A continuous drive baseline waveform is generated on the basis of the interpolated phase signal, and the duty ratio of PFM modulation is generated on the basis of the drive baseline waveform. As a result, sine wave driving of a brushless motor is performed without using a current sensor or a rotary encoder.

(57) 要約: 本発明の一実施形態に係るモータ駆動制御装置は、エッジパルスの時間間隔を計測し、当該計測された時間間隔に基づいて次のエッジパルスが出力されるまでの時間間隔の予測値を決定する。この予測値に基づき予測値の所定倍の周波数の信号を生成し、その信号をカウントした出力値を内挿位相信号とする。この内挿位相信号に基づいて連続した駆動基準波形を生成し、当該駆動基準波形に基づいてPFM変調のデューティ比を生成する。このことにより、ロータリエンコーダや電流センサを用いずにブラシレスモータの正弦波駆動を行う。

WO 2016/002744 A1

WO 2016/002744 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称: モータ制御装置、モータ駆動制御装置および信号生成方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータの駆動を制御するモータ駆動制御装置に関し、特にブラシレスモータを正弦波駆動するモータ駆動制御装置に関する。

背景技術

[0002] ブラシレスモータを駆動するための駆動方式として、間欠通電駆動方式と連続通電駆動方式とが知られている。連続通電駆動方式においては、正弦波などの連続的な波形の駆動信号により駆動制御が行われるため、間欠通電駆動方式に比べてトルク変動が少なく、その結果、振動や騒音の発生を抑制できるという利点がある。また、正弦波形状の駆動電圧を用いる場合には、適切な進角制御を行って誘起電圧（逆起電力）の位相と相電流の位相を合わせることにより、誘起電圧と相電流の波形が相似形となるため高効率が得られる。

[0003] 連続通電駆動方式において誘起電圧と相電流とを相似形とするためには、モータのロータの位置を正確に測定または推定し、そのロータの位置に応じて駆動信号を生成する必要がある。ロータの位置は、例えばロータリエンコーダを用いることにより、正確に検出することができる。

[0004] しかしながら、ロータリエンコーダは高価であるため、ロータリエンコーダを用いずにロータの位置を正確に把握できることが望ましい。ロータリエンコーダを用いずにロータの位置を正確に把握するための提案の1つが、ホールICから出力されるセンサ信号に基づいてロータの大まかな位置を把握し、ホールICの間の細かい位置をロータの回転速度等に基づいて推定する方法である（特開2001-128483号公報（特許文献1）参照）。

[0005] また、特開2005-51950号公報（特許文献2）に記載されているように、電流センサを用いて相電流の波形をリアルタイムでモニターし、このモニターした相電流の波形に基づいてモータ駆動回路（インバータ）への

電圧指令を生成する方法も知られている。しかしながら、電流センサもやはり高価であるため、電流センサも用いずに、ブラシレスモータの正弦波駆動制御を実現することが望まれる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2001-128483号公報

特許文献2：特開2005-51950号公報

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においては、例えば急激な加速時又は減速時にロータの回転電気角ロータの回転電気角の推定値と実際の回転角との差が大きくなると、力率の悪化、動力性能の低下、運転感の悪化等の悪影響が現れることが指摘されている。そして、この問題に対処するために、ロータの加速時に回転角の推定値を増大させ、ロータの減速時に回転角の推定値を減少させることにより、回転角の推定値と実際の回転角との差を縮小させることが提案されている。しかし、特許文献1の方法では、電流指令値を生成するために、各相の巻線に流れる実際の電流を電流センサで測定する必要があるため、電流センサを省略することができない。

[0008] 上記特許文献2においては、モータ駆動システムにおける電流センサ数を削減することが提案されているが、2個用いられていた電流センサの数を1つに削減するものであり、モータの駆動制御のために、依然として電流センサからの出力を必要としている。また、特許文献1では、巻線がデルタ結線されているため、誘起電圧の波形に高調波歪みが存在すると、コイルにモータのトルクに寄与しない電流が流れてしまい、エネルギー損失が生じやすい。

[0009] 本発明は、上述の課題の少なくとも1つを解決することを目的とする。具体的には、本発明の目的の1つは、高価なロータリエンコーダ及び電流セン

サのいずれも用いずにブラシレスモータの正弦波駆動を行うことが可能なモータ駆動制御装置を提供することである。また、本発明の他の目的は、高価なロータリエンコーダ及び電流センサのいずれも用いずにロータの回転電気角ロータの回転電気角を精度良く推定することであり、その結果、ロータの回転電気角ロータの回転電気角の推定値が実際の回転角から乖離した場合に生じる振動や騒音等の不具合を緩和することである。本発明のさらに他の目的は、巻線の結線の種別によらずに適用可能な（例えば、スター結線とデルタ結線のいずれにも適用可能な）モータ駆動制御装置を提供することである。本発明のさらに他の目的は、ロータの回転電気角に対応する連続位相信号を利用して間欠通電駆動を行うことが可能なモータ駆動制御装置を提供することである。本発明のこれら以外の目的は、明細書全体の記載を通じて明らかにされる。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一実施形態に係るモータ駆動制御装置は、各相の巻線に対応して設けられた複数のホールICからロータの所定回転電気角ごとに出力されるセンサ信号を用いてブラシレスモータを駆動するモータ駆動制御装置であって、前記センサ信号の信号レベルに応じて前記ロータの回転電気角をコード化して上位ビット位相信号を生成する上位ビット位相信号生成部と、前記センサ信号の信号レベルが変化するタイミングでホールエッジパルスを生成するホールエッジパルス生成部と、基準クロック信号を所定の分周比で分周して分周クロック信号を生成する分周部と、前記分周クロック信号をインエーブル信号として前記基準クロック信号をカウントし、前記ホールエッジパルス生成部から出力された今回のホールエッジパルスでカウント値をクリアすることにより、前記今回のホールエッジパルスと前回のホールエッジパルスとの間の時間間隔を計測する第1カウンタと、前記第1カウンタにより計測された時間間隔に基づいて、前記今回のホールエッジパルスから次のホールエッジパルスまでの時間間隔の予測値を決定する予測部と、前記予測値から前記基準クロック信号でダウンカウントし、アンダーフローしたことに応じ

てボロー信号を出力する第2カウンタと、前記第2カウンタからのボロー信号をイネーブル信号として前記基準クロック信号をカウントしたカウント値を内挿位相信号として出力する第3カウンタと、

前記上位ビット位相信号と前記内挿位相信号とを加算して前記ロータの回転電気角に対応する連続位相信号を生成する加算部と、前記連続位相信号に基づいて生成される駆動信号に基づいて前記各相の巻線に駆動電圧を供給するインバータ回路と、を備える。ホールICはホール効果を利用して磁束の変化を検知することができる。さらに、ホール効果を用いて磁束の変化を検知することはホール素子などの種々の素子を用いても可能である。

[0011] また、本発明の他の実施形態に係るモータ駆動制御装置は、各相の巻線に対応して設けられた複数のホールICからロータの所定回転電気角ごとに出力されるセンサ信号を用いてブラシレスモータを駆動するモータ駆動制御装置であって、前記センサ信号の信号レベルに応じて前記ロータの回転電気角をコード化して上位ビット位相信号を生成する上位ビット位相信号生成部と、前記センサ信号の信号レベルが変化するタイミングでホールエッジパルス生成するホールエッジパルス生成部と、基準クロック信号を所定の分周比で分周して分周クロック信号を生成する分周部と、前記分周クロック信号をイネーブル信号として前記基準クロック信号をカウントし、前記ホールエッジパルス生成部から出力された今回のホールエッジパルスでカウント値をクリアすることにより、前記今回のホールエッジパルスと前回のホールエッジパルスとの間の時間間隔を計測する第1カウンタと、前記第1カウンタにより計測された時間間隔に基づいて、前記今回のホールエッジパルスから次のホールエッジパルスまでの時間間隔の予測値を決定する予測部と、前記予測値から前記基準クロック信号でダウンカウントし、アンダーフローしたことに応じてボロー信号を出力する第2カウンタと、前記第2カウンタからのボロー信号をイネーブル信号として前記基準クロック信号をカウントしたカウント値を内挿位相信号として出力する第3カウンタと、前記上位ビット位相信号と前記内挿位相信号とを加算して前記ロータの回転電気角に対応する

連続位相信号を生成する上下位ビット加算部と、前記連続位相信号に進角値を加算して進角値加算位相信号を生成する進角値加算部と、前記進角値加算位相信号に基づいて、前記各相の巻線の通電タイミングを示す通電角信号を生成する通電角信号生成部と、

当該通電角信号生成部によって生成された通電角信号に基づいて生成される駆動信号に基づいて前記各相の巻線に駆動電圧を供給するインバータ回路と、を備える。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、ロータリエンコーダや電流センサを用いずにブラシレスモータの正弦波駆動を行うことが可能なモータ駆動制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一実施形態に係る電動アシスト自転車を概略的に示す図
[図2]本発明の一実施形態に係るモータ駆動制御装置の機能ブロック図
[図3]本発明の一実施形態に係る内挿位相信号生成部の機能を示すブロック図
[図4]本発明の一実施形態に係るV相波形生成部の機能を示すブロック図
[図5]本発明の一実施形態に係る予測部の機能を示すブロック図
[図6]本発明の一実施形態における、上位ビット位相信号、内挿位相信号、及び連続位相信号のタイミングチャート
[図7]本発明の一実施形態における駆動波形の形成工程を説明するためのタイミングチャート
[図8]本発明の一実施形態における各相の駆動波形と逆起電力との関係を示すタイミングチャート
[図9]本発明の一実施形態において、次回エッジが出力されるまでの時間間隔の予測値よりも次回エッジが実際に検出されるまでの時間間隔が長い場合に生成される連続位相信号を説明するための図
[図10]本発明の一実施形態において、モータが低速回転状態にある場合に生成される連続位相信号を説明するための図

[図11]本発明の他の実施形態に係るモータ駆動制御装置の機能ブロック図

[図12]図 1 1 の実施形態における、相番号、各相の通電指令信号、及び駆動信号を示すタイミングチャート

発明を実施するための形態

[0014] 以下、適宜図面を参照し、本発明の様々な実施形態を説明する。なお、図面において共通する構成要素には同一の参照符号が付されている。

[0015] 図 1 は、本発明の一実施形態に係るモータ駆動制御装置を適用可能な電動アシスト自転車を概略的に示す。電動アシスト自転車は本発明に係るモータ駆動制御装置を適用可能な応用例の一例に過ぎず、本発明に係るモータ駆動制御装置は様々な用途におけるブラシレスモータの駆動制御に用いられ得る。

[0016] 図 1 に示すとおり、電動アシスト自転車 1 はクランク軸と後輪がチェーンを介して連結されている一般的な後輪駆動型のものであり、この電動アシスト自転車 1 は、例えば、二次電池 101 と、モータ駆動制御装置 102 と、トルクセンサ 103 と、ブレーキセンサ 104 と、モータ 105 と、操作パネル 106 とを備える。

[0017] 二次電池 101 としては、リチウムイオン二次電池、リチウムイオンポリマー二次電池、ニッケル水素蓄電池などの様々な二次電池を用いることができる。本発明の一実施形態において、二次電池 101 は、供給最大電圧（満充電時の電圧）が 24 V のリチウムイオン二次電池である。

[0018] トルクセンサ 103 は、クランク軸に取付けられたホイールに設けられる。トルクセンサ 103 は、ペダルの踏力を検出し、この検出結果をモータ駆動制御装置 102 に出力することができる。

[0019] ブレーキセンサ 104 は、磁石（不図示）と周知のリードスイッチ（不図示）とから構成されている。磁石は、ブレーキレバーを固定するとともにブレーキワイヤー（不図示）が送通される筐体内において、ブレーキレバーに連結されたブレーキワイヤーに固定されている。ブレーキレバーは手で握られたときにリードスイッチをオン状態にするように構成されている。また、

リードスイッチは筐体内に固定されている。このリードスイッチの導通信号はモータ駆動制御装置 102 に送られる。

[0020] モータ 105 は、例えば周知の三相直流ブラシレスモータである。モータ 105 の巻線の結線方法は任意であり、例えばスター結線されていてもデルタ結線されていてもよい。モータ 105 は、例えば電動アシスト自転車 1 の前輪に装着される。モータ 105 は、前輪を回転させるとともに、前輪の回転に応じて内蔵のロータが回転するように前輪に連結されている。また、モータ 105 は、内蔵のロータに備えられた磁極の位置（すなわちロータの位相）を検出するために、複数個（典型的には 3 個）のホール IC（不図示）を備えている。ホール IC によって検出されたロータの位相を示す信号（すなわちホール出力信号）はモータ駆動制御装置 102 に出力される。ホール IC が 3 つの場合には、この 3 つのホール IC は、モータ 105 に周方向に沿って例えば 120° 間隔で等間隔に配置される。ホール IC は、モータ 105 のロータが回転すると、ロータの永久磁石が作り出す磁界を検出し、検出した磁界強度に応じたホール出力信号 H_u 、 H_v 、 H_w （図 6（a）ないし図 6（c）参照）を出力する。一例において、モータ 105 に配置されたホール IC は、ホール出力信号 H_u 、 H_v 、 H_w が対応する U 相、V 相、及び W 相の逆起電力に対して電気角で 30 度遅れて出力されるように配置される。

[0021] 図 2 に、モータ 105 の駆動を制御するモータ駆動制御装置 102 を概略的に示す。本発明の一実施形態に係るモータ駆動制御装置 102 は、以下に詳述するように、安価なホール IC からのホール出力信号（センサ信号）に基づいて、電流センサやロータリエンコーダからの出力信号を用いることなく、モータ 105 のロータの回転電気角に対応する連続的な駆動波形を形成するものである。

[0022] 図 2 に示すように、モータ駆動制御装置 102 は、駆動制御部 110 と、FET（Field Effect Transistor）ブリッジから成るインバータ回路 170 とを有する。インバータ

回路１７０は、３相ブラシレスモータ１０５のＵ相についてのスイッチングを行うハイサイドＦＥＴ（ S_{uh} ）及びローサイドＦＥＴ（ S_{ul} ）と、モータ１０５のＶ相についてのスイッチングを行うハイサイドＦＥＴ（ S_{vh} ）及びローサイドＦＥＴ（ S_{vl} ）と、モータ１０５のＷ相についてのスイッチングを行うハイサイドＦＥＴ（ S_{wh} ）及びローサイドＦＥＴ（ S_{wl} ）とを含み、これらの各ＦＥＴを３相ブリッジ接続して構成される。インバータ回路１７０の各相の出力端子は、モータ１０５の各相の巻線に電氣的に接続されている。インバータ回路１７０に備えられた各ＦＥＴは、駆動制御部１１０から出力される駆動信号によってスイッチングされる。このように、インバータ回路１７０では、駆動制御部１１０から出力される駆動信号に基づいてスイッチング素子（各ＦＥＴ）がオンオフ制御され、このスイッチング素子のオンオフ制御によって、二次電池１０１から供給される電圧を変換して各相の駆動電圧を生成する。生成された各相の駆動電圧は、モータ１０５の各相の巻線に供給される。

[0023] 図示のように、本発明の一実施形態に係る駆動制御部１１０は、上位ビット位相信号生成部１２０と、内挿位相信号生成部１３０と、上下位ビット加算部１３５と、進角値加算部１３６と、Ｕ相波形生成部１４０_uと、Ｖ相波形生成部１４０_vと、Ｗ相波形生成部１４０_wと、乗算部１５０_uと、乗算部１５０_vと、乗算部１５０_wと、Ｕ相PWM変調部１６０_uと、Ｖ相PWM変調部１６０_vと、Ｗ相PWM変調部１６０_wと、を備える。また、駆動制御部１１０には、演算に用いる各種データ及び処理途中のデータ等を格納する不図示のメモリが備えられてもよい。このメモリは、制御部１１０とは別に設けられてもよい。

[0024] 本発明の一実施形態における上位ビット位相信号生成部１２０は、モータ１０５に備えられたホールＩＣからのホール出力信号 H_u 、 H_v 、 H_w を読み込み、このホール出力信号の信号レベルに応じて、ロータの回転電気角に相当する電気角の範囲を求め、この電気角を３ビットの上位ビット位相信号にコード化する。例えば、ホール出力信号 H_u 、 H_v 、 H_w の信号レベルが

それぞれ図6（a）ないし図6（c）に示すように検出された場合には、ロータの回転電気角は、ホール出力信号H_u、H_v、H_wの信号レベルに応じて、図6（e）に示すように「0」～「5」の3ビットにコード化される。すなわち、ホール出力信号H_u、H_v、H_wがH、L、Hであれば「0」（電気角0°～60°）、H、L、Lであれば「1」（電気角60°～120°）、・・・L、L、Hであれば「5」（電気角300°～360°）と回転角が60°づつ大きくなるごとに値をインクリメントすることにより、ロータの回転電気角を3ビットにコード化することができる。回転角をコード化するために必要なビット数（つまり、上位ビット位相信号のビット数）は、ホールICの個数に応じて3ビットより多くても少なくてもよい。

[0025] 本発明の一実施形態における内挿位相信号生成部130は、ホール出力信号H_u、H_v、H_wに基づいて、図6（f）に示すように、モータ105のロータの回転電気角をより高い分解能で示す内挿位相信号（下位ビット位相信号とも呼称される）を生成する。上位ビット位相信号が電気角60°単位の回転角を示す場合には、内挿位相信号は電気角60°よりも細かな回転角を示す。内挿位相信号生成部130の詳細については後述する。

[0026] 本発明の一実施形態における上下位ビット加算部135は、上位ビット位相信号生成部120からの上位ビット位相信号と内挿位相信号生成部130からの内挿位相信号とを加算し連続位相信号を生成する。上下位ビット加算部135は、上位ビット位相信号生成部120からの上位ビット位相信号をカウンタ上位桁データとし、内挿位相信号生成部130からの内挿位相信号をカウンタ下位桁データとして、当該上位ビット位相信号と当該内挿位相信号とを加算することで連続位相信号を生成する。連続位相信号については図6（g）に例示されている。

[0027] 本発明の一実施形態における進角値加算部136は、上下位ビット加算部135からの連続位相信号に進角値を加算する。

[0028] 本発明の一実施形態におけるU相波形生成部140_uは、進角値加算部136において進角値が加算された連続位相信号に基づいて、U相用の駆動基

準波形信号を生成する。同様に、V相波形生成部140v及びW相波形生成部140wも、上下位ビット加算部135からの連続位相信号に基づいて、それぞれV相用の駆動基準波形信号及びW相用の駆動基準波形信号を生成する。各相の駆動基準波形信号は、図8(g)ないし図8(i)に例示されている。駆動基準波形信号の具体的な形成方法については後述する。

[0029] 本発明の一実施形態における乗算部150u、乗算部150v、及び乗算部150wは、対応するU相波形生成部140u、U相波形生成部140v、又はU相波形生成部140wからの駆動基準波形信号に、所定の駆動電圧コードを乗じて、PWM変調のデューティ比に相当するPWMコードを生成する。

[0030] 本発明の一実施形態におけるU相PWM変調部160uは、乗算部150uからのPWMコードに基づいて、U相用のスイッチング信号を生成し、生成したスイッチング信号をFET(S_{uh})及びFET(S_{ul})に対して出力する。同様に、V相PWM変調部160vは、乗算部150vからのPWMコードに基づいてV相用のスイッチング信号を生成し、生成したスイッチング信号をFET(S_{vh})及びFET(S_{vl})に対して出力し、W相PWM変調部160wは、乗算部150wからのPWMコードに基づいてW相用のスイッチング信号を生成し、生成したスイッチング信号をFET(S_{wh})及びFET(S_{wl})に対して出力する。このように、U相PWM変調部160u、V相PWM変調部160v、及びW相PWM変調部160wは、対応する乗算部150u、乗算部150v、乗算部150wからのPWMコードに基づいて、インバータ回路170の各スイッチング素子(FET)をオンオフ制御する。上述のように、このスイッチング素子のオンオフ制御によって、各相の駆動電圧が生成され、生成された駆動電圧がモータ105の各相の巻線に供給される。

[0031] 次に、図3を参照して、内挿位相信号生成部130についてさらに説明する。図3に示すとおり、本発明の一実施形態に係る内挿位相信号生成部130は、ホールエッジパルス生成部202と、分周部204と、ANDゲート

206と、カウンタ208と、ORゲート210と、予測部212と、ダウンカウンタ214と、ANDゲート216と、カウンタ218と、ANDゲート220と、NORゲート222とを備える。

[0032] ホールエッジパルス生成部202は、ホール出力信号Hu、Hv、Hwのうちの何れかが立ち上るか又は立ち下がるたびに基準クロックのパルス幅を有するホールエッジパルス（単に「エッジパルス」ということもある。）を生成し、生成したホールエッジパルスをカウンタ208、ORゲート210、及びカウンタ218に出力する。図6（d）に示すように、ホールエッジパルスは、ホール出力信号Hu、Hv、Hwの立ち上がりエッジ及び立ち下がりエッジの各々に対応するタイミングで生成されるパルス信号である。本明細書においては便宜上、繰り返し生成されるホールエッジパルスを区別するために、ホールエッジパルスがホールエッジパルス生成部202から出力されたときに当該ホールエッジパルスを「今回の」エッジパルス又は「現在の」エッジパルスといい、それ以前に出力されたエッジパルスを「過去の」エッジパルスといい、特に「今回の」エッジパルスよりも1つ前に出力されたエッジパルスを「前回の」エッジパルスといい、「今回の」エッジパルスよりも1つ後に出力されるエッジパルスを「次回の」又は「次の」エッジパルスということがある。

[0033] 分周部204は、基準クロックを所定の分周比で分周した分周クロック信号を生成し、生成した分周クロック信号をANDゲート206を介してカウンタ208に出力する。分周比は、たとえば256とすることができるが、本発明に適用可能な分周比はこれには限られない。

[0034] カウンタ208は、分周部204からANDゲート206を介して入力される分周クロック信号をイネーブル信号として基準クロックをカウントアップする。また、カウンタ208は、エッジパルスが入力されるとクリアされて0がセットされるように構成される。このように、カウンタ208は、エッジパルスが出力される時間間隔を計測することができる。

[0035] 予測部212には、ORゲート210からの出力が取り込みイネーブル信

号として入力される。予測部 212 に OR ゲート 210 から取り込みイネーブル信号が入力されると、カウンタ 208 のカウント値 (Q) が予測部 212 に読み込まれる。

[0036] OR ゲート 210 には、カウンタ 208 からのキャリー信号及びホールエッジパルス生成部 202 からのエッジパルスが入力されている。したがって、取り込みイネーブル信号は、エッジパルスの出力タイミング又はカウンタ 208 がフルカウントされたタイミングで予測部 212 に入力される。よって、モータの回転速度が速い場合には、カウンタ 208 がフルカウントされる前に次のエッジパルスが出力されるので、次のエッジパルスがホールエッジパルス生成部 202 から出力されたタイミングで、カウンタ 208 のカウント値が予測部 212 に取り込まれる。一方、モータ 105 の回転速度が遅い場合には、次のエッジパルスの出力タイミングより前にカウンタ 208 がフルカウントされるので、カウンタ 208 がフルカウントされたタイミングで予測部 212 にカウンタ 208 のカウント値が読み込まれる。このように、カウンタ 208 がフルカウントされるほどモータ 105 が低速回転している状態を本明細書においてモータ 105 が「低速回転状態」にあるということがある。以上から、モータ 105 が低速回転状態ではなく、エッジパルスによりカウンタ 208 のカウント値が取り込まれる場合には、当該カウント値は、前回のエッジパルスでカウンタ 208 がクリアされてから今回のエッジパルスが出力されるまでの間の時間間隔を表す。

[0037] また、カウンタ 208 がフルカウントされたときに出力されるキャリー信号は、反転されて AND ゲート 206 に入力される。このように、カウンタ 208 は、AND ゲート 206 にキャリー信号を反転して入力することにより、フルカウントされてからエッジパルスによりクリアされるまでの間、AND ゲート 206 からのイネーブル信号を停止し、フルカウントされた飽和状態のままカウントアップ動作を停止する。上述のように、エッジパルスがカウンタ 208 に入力されると、カウンタ 208 は 0 にセットされる。このとき、キャリー信号の出力が停止されるので、カウンタ 208 はカウントア

ップ動作を再開する。

[0038] 予測部 212 は、カウンタ 208 から入力された前回のエッジパルスと今回のエッジパルスとの間の時間間隔を示すカウント値に基づいて、当該今回のエッジパルスから次のエッジパルスまでの時間間隔の予測値を決定する。図 6 (d) を例にとってこの予測値の決定について例示すると、フェーズ 0 とフェーズ 1 との間（電気角 60° ）のタイミングでホールエッジパルス HEP1 が出力され、当該ホールエッジパルス HEP1 に応じてカウンタ 208 から予測部 212 にカウント値が出力された場合には、当該今回のホールエッジパルス HEP1 と次回のホールエッジパルス HEP2（フェーズ 1 とフェーズ 2 との間で出力されるホールエッジパルス）との間の時間間隔の予測値が決定される。

[0039] 今回のエッジパルスから次回のエッジパルスまでの時間間隔の予測値は、様々な方法で決定され得る。最もシンプルな方法は、計測済みの前回のエッジパルスから今回のエッジパルスまでの時間間隔をそのまま次回のエッジパルスまでの時間間隔の予測値とする方法である。モータの回転速度が安定している場合には、この予測方法により概ね正確な予測値が得られる。また、2 発目のエッジパルスが出力された時点から予測値を決定することができる。この場合、予測部 212 は、前回のエッジパルスから今回のエッジパルスまでの時間間隔を保持するフリップフロップを備え、保持している時間間隔を予測値として出力する。

[0040] 予測部 212 の他の例について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、本発明の一実施形態に係る予測部 212 の機能を示すブロック図である。図示のとおり、本発明の一実施形態に係る予測部 212 は、フリップフロップ 252 と、フリップフロップ 254 と、乗算部 256 と、加算部 258 とを備える。

[0041] フリップフロップ 252 は、前回のエッジパルスから今回のエッジパルスまでの時間間隔を示す値を保持しており、フリップフロップ 254 は、前々回のエッジパルスから前回のエッジパルスまでの時間間隔を示す値を保持し

ている。エッジ検出回路202から次のエッジパルスが出力されると、フリップフロップ252は、保持していた値（前回のエッジパルスから今回のエッジパルスまでの時間間隔）をフリップフロップ254及び乗算部256に出力するとともに、カウンタ208から入力される新たなカウント値（今回のエッジパルスから次のエッジパルスまでの時間間隔）を新たに保持する。エッジ検出回路202から次のエッジパルスが出力された場合、フリップフロップ254は、保持していた前回のカウント値（現在のカウント値よりも1回前にカウンタ208から出力された前回のカウント値であり、前々回のエッジパルスから前回のエッジパルスまでの時間間隔）を加算部258に出力する。乗算部256は、フリップフロップ252から出力された現在のカウント値を2倍し、2倍された現在のカウント値を加算部258に出力する。加算部258は、乗算部256からの入力値からフリップフロップ254からの入力値を減算して、その減算結果を次のエッジパルスまでの時間間隔の予測値として出力する。このようにして出力された次のエッジパルスまでの時間間隔の予測値は、ダウンカウンタ214に入力される。このように、予測部212は、過去に出力されたエッジパルスの出力間隔の計測値に基づいて、直近に出力された（現在の）エッジパルスの出力タイミングから将来（特に次回）出力されるエッジパルスの出力タイミングまでの時間間隔を予測することができる。

[0042] ダウンカウンタ214は、自らのボロー信号（図3におけるCy端子出力）でロードされ、ロードされたときに予測部212から次のエッジパルスまでの時間間隔の予測値を読み込み、この読み込んだ予測値をセットして、このセットされた値から基準クロックでダウンカウント動作を行う。このダウンカウント動作により、カウンタ214がダウンフローすると、上述のボロー信号が出力され、カウンタ214がロードされる。

[0043] ダウンカウンタ214からのボロー信号は、ANDゲート216を介してカウンタ218にイネーブル信号として入力される。カウンタ218は、カウンタ214からのボロー信号をイネーブル信号として、基準クロックでア

ップカウント動作し、そのカウント値を内挿位相信号として出力する。また、カウンタ218は、エッジパルスでクリアされるように構成される。

[0044] ダウンカウンタ214は、基準クロックを所定の分周比で分周した分周クロック信号をイネーブル信号として用いてカウンタ208によりカウントされたカウント値（エッジパルスの時間間隔）をセットし、このセットされたカウント値から基準クロックでダウンカウントするので、ダウンカウンタ214がボロー信号を出力する周波数、すなわちカウンタ218のイネーブル信号の周波数は、エッジパルスが出力される周波数（ホールエッジ周波数）の分周比倍となる。例えば、分周部204が基準クロックを256分周する場合は、カウンタ218のイネーブル信号の周波数は、ホールエッジ周波数の256倍となる。カウンタ218は、ホールエッジ周波数の分周比（＝N）倍のイネーブル信号により基準クロックでカウント動作するので、カウンタ218のカウント値として出力される内挿位相信号は、エッジパルスを分周比と同じ通倍比（＝N）で通倍したN通倍信号となる。

[0045] カウンタ218がオーバーフローした際に出力されるキャリー信号がNORゲート222を介してANDゲート216に入力されるので、カウンタ218がフルカウントされた後は、カウンタ218はフルカウントされた飽和状態のままカウントアップ動作を停止する。カウンタ218は、次のエッジパルスがホールエッジパルス生成部202から入力されるまでカウントアップ動作を停止し、飽和状態に維持される。

[0046] 予測部212から出力された次のエッジパルスまでの時間間隔の予測値よりも実際の時間間隔の方が長い場合に、フルカウント後もイネーブル信号を継続してカウンタ218に入力すると、フルカウント後にカウンタ218がオーバーフローしてゼロに戻ってしまうので内挿位相信号が不連続的に変化し、その結果、後段で生成される駆動基準波形にも不連続な変化が生じてしまい、大きな振動や騒音の原因となってしまう。例えば、カウンタ218がフルカウント後にゼロに戻ると、図9（a）に示すように、フェーズ1においてカウンタ218のオーバーフロー時に起こる位相内挿信号の不連続な変

化により、連続位相信号にも不連続な変化が生じてしまう。これに対し、カウンタ218をフルカウントで飽和した状態に維持することにより、位相内挿信号はフルカウント値のまま維持されるので、図9(b)に示すように、連続位相信号に不連続区間が生じないようにすることができる。

[0047] また、カウンタ218からは、カウント値の最上位ビットMSBがANDゲート220に出力される。ANDゲート220は、カウンタ218からの最上位ビットMSBとカウンタ208からのキャリー出力の論理積を生成し、生成した論理積をNORゲート222経由でANDゲート216に出力する。これにより、カウンタ208からキャリー出力が出力されるモータ105の低速回転状態においては、カウンタ218がハーフカウントされたとき（最上位ビットが「1」になったとき）に、カウンタ218へのイネーブル信号の供給が停止されるので、カウンタ218はハーフカウントに維持されたままカウントアップ動作を停止する。モータ105の低速回転状態においては、次のエッジパルスが出力されるまで、ロータの回転電気角の予測が極めて困難となり、ロータが 0° から 60° のどの角度にあるか不明となる。このようなモータ105の低速回転状態において、カウンタ218のアップカウント動作をハーフカウントで停止することにより、ロータの回転電気角の予測位置と実際の位置との誤差を $\pm 30^{\circ}$ 以内にすることができる。例えば、フェーズ1の周期が極めて長くなった場合には、このフェーズ1においてカウンタ218がハーフカウントされたときに、すなわちロータの回転電気角 30° 相当でアップカウント動作を停止することにより、図10に示すような連続位相信号が生成され、実際のロータの回転電気角との誤差を $\pm 30^{\circ}$ 以内にすることができる。仮にフルカウントまでカウントアップしてしまうと、ロータの回転電気角が電気角 0° 付近に長時間留まっている場合には最大で 60° 近い誤差が生じてしまう。このように、ハーフカウントでカウンタ218のカウント動作を停止することにより、ロータの回転電気角の誤差を小さくすることができる。

[0048] 以上説明したように、図3のように構成された内挿位相信号生成部130

により、エッジパルスの時間間隔に対応する電気角よりも分周比倍（ N 倍）の分解能を有する内挿位相信号を生成することができる。また、内挿位相信号をカウンタ値として出力するカウンタ 218 は、フルカウントされた飽和状態のままカウンタアップ動作を停止するように構成されているので、次のエッジパルスまでの予測時間が短すぎた場合であっても、連続位相信号（または駆動基準波形）が不連続となることを防止することができる。また、モータ 105 の低速回転状態においては、カウンタ 218 のカウンタ動作をハーフカウントで停止するので、ロータの回転電気角の推定値の誤差を 30° 以内にすることができる。

[0049] 次に、図 4 及び図 7 を参照して、各相の駆動基準波形を生成する波形生成部の構成をさらに説明する。図 4 は、V 相の駆動基準波形を生成する V 相波形生成部 140 v の機能を示すブロック図である。V 相以外の各相の駆動基準波形も V 相の駆動基準波形と同様にして生成されるので、ここでは主に V 相の駆動基準波形の生成方法について説明する。

[0050] 図 4 に示すとおり、本発明の一実施形態に係る V 相波形生成部 140 v は、オフセット角加算部 232 と、モジュロ演算部 234 と、 $2sC$ 変換部 235 と、位相加算部 236 と、2 乗演算部 238 a と、2 乗演算部 238 b と、加算部 240 a と、加算部 240 b と、比較部 242 と、ゼロクリップ部 244 と、を備える。

[0051] オフセット角加算部 232 は、上下位ビット加算部 135 からの上位ビット位相信号と内挿位相信号とを加算して生成された連続位相信号に対して、各相について設定されたオフセット角を加算する。例えば、U 相については 30° のオフセット角が設定され、V 相については 150° のオフセット角（U 相のオフセット角 + 120° ）、W 相については 270° （V 相のオフセット角 + 120° ）のオフセット角が設定される。

[0052] モジュロ演算部 234 は、オフセット角加算部 232 にて各相ごとのオフセット角が加算された連続位相信号のカウンタ上位桁データ（上位ビット位相信号生成部 120 からの上位ビット位相信号に由来するデータ）に対して

モジュロ演算を行い、オフセット角加算部 232 からの連続位相信号を電気角 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の範囲の信号に変換して出力する。上述のように、上位ビット位相信号が $0 \sim 5$ の値を取る場合には、上位ビット位相信号の 6 が 360° となるため、モジュロ演算部 234 はモジュロ 6 演算を行う。

[0053] 2sC変換部 235 は、モジュロ演算部 234 から出力された $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 範囲の連続位相信号を 2 の補数表現で取り得る $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の値域にシフトさせる。

[0054] 図 7 (d) に、図 6 (g) に示した連続位相信号にオフセット角加算部 232 において各相について設定されたオフセット角を加算し、そのオフセット角加算後の信号をモジュロ演算部 234 にて電気角 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の範囲に変換し、さらに 2sC変換部 235 で $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の値域にシフトさせた各相の連続位相信号を示す。図 7 (d) においては、U 相の連続位相信号は PS_u 、V 相の連続位相信号は PS_v 、W 相の連続位相信号は PS_w で表されている。図 7 (d) の例では、各相のオフセット角は、U 相について 30° 、V 相について 150° 、W 相について 270° とされている。

[0055] 位相加算部 236 は、2sC変換部から出力された $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の範囲にある連続位相信号 PS_v1 に -60° のオフセット角を加算し、このオフセット後の位相信号 PS_v2 に再びモジュロ演算を行って $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の値域にシフトさせる。

[0056] 2乗演算部 238a は、位相加算部 236 から出力された $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の範囲の連続位相信号 PS_v2 を 2 乗し放物線を生成する。そして、加算部 240a において、頂点位置を示す定数から 2 乗演算部 238a で生成された放物線を減算することにより、図 7 (f) に示すように、上に凸の放物線 $PB2$ を生成する。また、2 乗演算部 238b は、モジュロ演算部 234 から出力された $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$ の範囲の連続位相信号 PS_v1 を 2 乗して放物線を生成し、算部 240b において、上記の頂点位置を示す定数から 2 乗演算部 238b で生成された放物線を減算することにより、

図 7 (f) に示すように、上に凸の放物線 P B 1 を生成する。

[0057] 比較部 242 は、放物線 P B 1 の各位相における値と放物線 P B 2 の各位相における値とを比較してその大きい方を選択して出力する。ゼロクリップ部 244 は、比較部 242 の出力信号が負になった部分をゼロクリップすることにより、図 7 (g) に例示する駆動基準波形を生成する。

[0058] V 相の駆動基準波形は以上のようにして生成される。U 相の駆動基準波形及び W 相の駆動基準波形も、V 相の駆動基準波形と同様にして生成される。U 相の駆動基準波形は、例えば V 相の駆動基準波形から電気角 -120° だけシフトしており、W 相の駆動基準波形は、例えば V 相の駆動基準波形から電気角 $+120^\circ$ だけシフトしている。図 8 (g) ないし図 8 (i) には、各相の駆動基準波形の例を示している。図示のように、各相の駆動基準波形は、図 8 (d) ないし図 8 (f) に示されている対応する相の逆起電力と概ね相似な形状を有している。

[0059] このようにして生成された各相の駆動基準波形に、上述したように、所定の駆動電圧コードを乗じることにより、PWM 変調のデューティ比に相当する PWM コードを生成し、当該 PWM コードに基づいてインバータ回路のスイッチング素子が PWM 駆動される。ここで、各相の駆動基準波形が対応する相の逆起電力と相似な形状を有しているため、高効率でモータ 105 を駆動することができる。また、駆動基準波形に不連続な部分が存在しないため、モータ 105 の振動及び騒音を抑制することができる。また、本実施形態においては、各相の逆起電力とほぼ相似な形状を有する駆動基準波形は、高価な電流センサやロータリエンコーダを用いずに安価なホール IC からのセンサ信号に対する信号処理により得られるので、高精度の正弦波駆動を高価な素子を用いることなく実現できる。

[0060] 次に、図 11 及び図 12 を参照して、本発明の他の実施形態に係るモータ駆動制御装置を説明する。本実施形態に係るモータ駆動制御装置は、モータ 105 を間欠通電駆動することができるよう構成されている。

[0061] 図 11 は、本発明の他の実施形態に係るモータ駆動制御装置の機能ブロッ

ク図である。図 11 のモータ駆動制御装置の構成要素うち、図 2 のモータ駆動制御装置と実質的に同じものについては、同じ参照符号を付して説明を省略する。図 11 に示すモータ駆動制御装置 302 の駆動制御部 310 は、図 2 の駆動制御部 110 と同様に、上位ビット位相信号と前記内挿位相信号とを加算してロータの回転電気角に対応する連続位相信号を生成し、当該連続位相信号に進角値を加算して進角値加算位相信号を生成する。

[0062] 図 11 に示す駆動制御部 310 は、モジュロ演算部 312 と、間欠駆動デコーダ 314 と、PWM 変調部 316 と、各相ごとに設けられた AND ゲート 318u、AND ゲート 318v、AND ゲート 318w と、駆動回路 320 とを備える。

[0063] モジュロ演算部 312 は、進角値加算部 136 からの進角値加算位相信号のカウンタ上位桁データに対してモジュロ演算を行い、進角値加算位相信号を電気角 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の範囲の信号に変換して出力する。

[0064] 間欠駆動デコーダ 314 は、電気角 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ の範囲に変換された進角値加算位相信号を 3 ビットの相番号にコード化する。この相番号は、進角値が加算された連続位相信号（進角値加算位相信号）をコード化して算出しているため、ホール出力信号 Hu、Hv、Hw が示す 60° ごとの電気角を順に定められる相番号（図 12（d）参照）と比べて、進角調整が成された相番号（図 12（e）参照）が得られる。

[0065] 間欠駆動デコーダ 314 は、進角調整後の相番号に基づいて、各相の巻線における通電時間を制御する通電角信号を生成する。図 12（f）及び図 12（g）に示すように、U 相の通電角信号 U+ は進角後相番号「0」及び「1」の区間でハイレベルで残りの区間でローレベルとなり、U 相の通電角信号 U120 は進角後相番号「0」、「1」、「3」及び「4」の区間でハイレベルで残りの区間でローレベルとなる。また、図 12（h）及び図 12（i）に示すように、V 相の通電角信号 V+ は進角後相番号「2」及び「3」の区間でハイレベルで残りの区間でローレベルとなり、V 相の通電角信号 V120 は進角後相番号「0」、「2」、「3」及び「5」の区間でハイレベ

ルで残りの区間でローレベルとなる。また、図 12 (j) 及び図 12 (k) に示すように、W 相の通電角信号 $W+$ は進角後相番号「4」及び「5」の区間でハイレベルで残りの区間でローレベルとなり、W 相の通電角信号 $W120$ は進角後相番号「1」、「2」、「4」及び「5」の区間でハイレベルで残りの区間でローレベルとなる。通電角信号 $U+$ 、通電角信号 $V+$ 、及び通電角信号 $W+$ はそれぞれ AND ゲート 318 u、AND ゲート 318 v、及び AND ゲート 318 w に出力される。通電角信号 $U120$ 、通電角信号 $V120$ 、及び通電角信号 $W120$ はそれぞれ駆動回路 120 に出力される。

[0066] AND ゲート 318 u は、PWM 変調部 318 からの PWM 信号と通電角信号 $U+$ との論理積を生成し、生成した値を駆動回路 320 に出力する。同様に、AND ゲート 318 v 及び AND ゲート 318 w は、PWM 変調部 318 からの PWM 信号と、対応する通電角信号 $V+$ 又は通電角信号 $W+$ との論理積を生成し、生成した値を駆動回路 320 に出力する。

[0067] 駆動回路 320 は、AND ゲート 318 u からの出力及び間欠駆動デコーダ 314 からの通電角信号 $U120$ に基づいて、U 相用のスイッチング信号を生成し、生成したスイッチング信号を FET (S_{uh}) 及び FET (S_{ul}) に対して出力する。具体的には、図 12 (l) に示す U_HS を FET (S_{uh}) に対するスイッチング信号として生成し、図 12 (m) に示す U_LS を FET (S_{ul}) に対するスイッチング信号として生成し、生成したスイッチング信号を対応する FET (S_{uh}) 及び FET (S_{ul}) に対して出力する。なお、図 12 において、PWM 及び「/PWM」は、PWM コードに応じたデューティ比でオン／オフする期間を表しており、コンプリメンタリ型であるから PWM がオンであれば /PWM はオフとなり、PWM がオフであれば /PWM はオンとなる。「OFF」の区間では、対応する FET がハイインピーダンス状態に制御される。駆動回路 320 は、V 相用のスイッチング信号及び W 相用のスイッチング信号についても、U 相用のスイッチング信号と同様に生成する。図 12 (n) に示す V_HS は、FET (S_{vh}) に出力されるスイッチング信号を表し、図 12 (o) に示す V_LS は FET (S_{vl}) に

出力されるスイッチング信号を表す。また、図 12 (p) に示す $W_H S$ は、FET (S_{wh}) に出力されるスイッチング信号を表し、図 12 (q) に示す $W_L S$ は FET (S_{wl}) に出力されるスイッチング信号を表す。

[0068] このように、本実施形態に係るモータ駆動制御装置によれば、進角値が加算された連続位相信号に基づいて、進角調整がなされた相番号を生成し、当該相番号に基づいて通電角信号を生成している。そして、当該通電角信号に基づいて間欠通電駆動用のスイッチング信号が生成され、インバータ回路 170 の各 FET に供給される。これにより、本実施形態に係るモータ駆動制御装置を用いることにより、間欠通電駆動方式によりモータを駆動する場合でも、進角調整を行うことができるため、速度やトルクに応じて適切な進角を選ぶことにより当該モータを高効率で静粛に駆動することができる。

[0069] 以上本発明の実施の形態を説明したが、本発明はこれに限定されない。上で述べた機能を実現する具体的な演算手法は複数存在しており、いずれを採用しても良い。例えば、上記の実施形態では、分周部 204 で分周したクロックでエッジ間隔周期計測したが、上記の実施形態に代えて、または、上記の実施形態に加えて（上記の実施形態と組み合わせ）、分周したクロックでなく元の基準クロックで計測し、その計測結果を所定数で割ったり、計測結果を下へ所定桁シフトして使用しても、同様の効果を実現することができる。例えば、基準クロックを 8 ビット下へシフトして使用することにより、分周部 204 で 256 分周した場合と同様の処理を行うことが可能となる。また、内挿位相信号を出力するカウンタの代わりに、アキュムレータを使用し、予測周期の逆数に比例した数をアキュムレータに入力することでも同様の結果が得られる。また、駆動制御部 110 で実行される機能の少なくとも一部は専用の回路で実現されてもよく、コンピュータプロセッサによってプログラムを実行することにより上述した各機能を実現してもよい。

[0070] 本明細書中で説明される処理及び手順が単一の装置やソフトウェアによって実行される旨が説明されたとしても、そのような処理または手順は複数の装置、複数のソフトウェアによって実行され得る。本明細書において説明さ

れた機能ブロックは、それらをより少ない機能ブロックに統合して、またはより多くの機能ブロックに分解することによって説明することも可能である。

[0071] 上記実施の他に、モータ制御装置（102）が信号を生成する方法として下記手法であってもよい。

[0072] センサ信号の信号に応じてロータの回転角をコード化して上位ビット位相信号を生成し、

前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期を計測し、

前記周期に基づいて次回の周期を予測し、

前記センサ信号の信号レベルが変化した時点でリセットして前記センサ信号の信号レベルが変化しない間は前記予測により得られた周期に基づく速度で変化させ、周期が前記予測値の所定数分の1となるノコギリ波状に変化する下位ビット位相信号を生成し、

前記上位ビット位相信号と前記下位ビット位相信号とを加算して前記ロータの回転角に対応する連続位相信号を生成することを特徴とする信号生成方法。

[0073] 前記下位ビット位相信号の生成が、

前記予測に基づく分周数で一定周波数のクロックを分周し、

前記分周からの出力をカウントして前記下位ビット位相信号を生成することを特徴とした信号生成方法。

[0074] 前記下位ビット位相信号の生成が、

前記予測により得られた周期の逆数に比例する値を生成し、

前記逆数に比例する値を累積することで前記下位ビット位相信号を生成することを特徴とした信号生成方法。

[0075] 前記下位ビット位相信号の生成が、

前記下位ビット位相信号がフルレンジ出力値で飽和し増加を停止することを特徴とした信号生成方法。

[0076] 前記下位ビット位相信号の生成が、

前記ブラシレスモータが低回転状態にある場合に前記下位ビット位相信号がフルレンジの略半分の出力値で飽和し増加を停止することを特徴とする信号生成方法。

[0077] 前記予測が、

前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期がフルカウントであれば

低速回転状態と判断することを特徴とした請求項 15 記載の信号生成方法。

[0078] 前記予測が、

前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期を予測した周期として出力することを特徴とした信号生成方法。

[0079] 前記予測が、

前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期、および、過去に前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期に基づいて予測した周期として出力することを特徴とした信号生成方法。

符号の説明

[0080] 102、302 モータ駆動制御装置

103 モータ

110、310 駆動制御部

120 上位ビット位相信号生成部

130 内挿位相信号生成部

135 上下位ビット加算部

140u U相波形生成部

140v V相波形生成部

140w W相波形生成部

160u U相PWM変調部

160v V相PWM変調部

160w W相PWM変調部

202 ホールエッジパルス生成部

204 分周部

206、216、220 ANDゲート

210 ORゲート

222 NORゲート

208 カウンタ

212 予測部

214 ダウンカウンタ

218 カウンタ

請求の範囲

- [請求項1] センサ信号の信号に応じてロータの回転角をコード化して上位ビット位相信号を生成する上位ビット位相生成部と、
 前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期を計測する第1カウンタと、
 前記第1カウンタにより計測された周期に基づいて次回の周期の予測値を決定する予測部と、
 前記センサ信号の信号レベルが変化した時点でリセットして前記センサ信号の信号レベルが変化しない間は前記予測値に基づく速度で変化させ、周期が前記予測値の所定数分の1となるノコギリ波状に変化する下位ビット位相信号を生成する下位ビット位相生成部と、
 前記上位ビット位相信号と前記下位ビット位相信号とを加算して前記ロータの回転角に対応する連続位相信号を生成する加算部を備えるモータ制御装置。
- [請求項2] 前記センサ信号は、前記ロータの所定回転角度毎に出力レベルが変化する複数のセンサから出力され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] 前記センサ信号を出力するセンサはホール効果により前記ロータの回転角を検出することを特徴とする請求項2記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記下位ビット位相生成部が、
 前記予測値に基づく分周数で一定周波数のクロックを分周する第2カウンタと、
 前記第2カウンタの分周出力をカウントして前記下位ビット内挿位相信号を生成する第3カウンタと、
 を備える請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項5] 前記下位ビット位相生成部が、
 前記予測値の逆数に比例する値を生成する逆数変換部と、
 前記逆数に比例する値を累積する事により前記下位ビット内挿位相

信号を生成するアキュムレータと、

を備える請求項 1 に記載のモータ制御装置。

[請求項6] 前記下位ビット位相生成部は、前記下位ビット内挿位相信号がそのフルレンジ出力値で飽和し増加を停止することを特徴とする請求項 1 に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項7] 前記下位ビット位相生成部は、前記ブラシレスモータが低速回転状態にある場合に、
前記下位ビット内挿位相信号がそのフルレンジの略半分の出力値で飽和し増加を停止することを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

[請求項8] 前記第 1 のカウンタがフルカウントとなった時に、前記ブラシレスモータが低速回転状態にあると判断することを特徴とする請求項 5 に記載のモータ制御装置。

[請求項9] 前記予測部は、前記第 1 カウンタにより計測された時間間隔を、前記予測値として決定することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

[請求項10] 前記予測部は、前記第 1 カウンタにより計測された時間間隔、及び、過去に前記第 1 カウンタにより計測された時間間隔に基づいて、前記予測値を決定することを特徴とする

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

[請求項11] 前記ブラシレスモータがスター結線されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

[請求項12] 前記モータ制御装置にさらに、前記連続位相信号に基づいて生成される駆動信号に基づいて前記ブラシレスモータに駆動電圧を供給するインバータ回路を備える、
請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項13] 請求項 1 ないし請求項 12 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置

または、モータ駆動制御装置を備えるアシスト車両。

[請求項14]

ブラシレスモータのロータの所定回転角ごとに出力レベルが変化する複数のセンサ信号を用いて前記ブラシレスモータの複数相の巻線を駆動するモータ駆動制御装置であって、

前記センサ信号の信号レベルに応じて前記ロータの回転角をコード化して上位ビット位相信号を生成する上位ビット位相生成部と、

前記センサ信号の信号レベルが変化するタイミング間の周期を計測する第1カウンタと、

前記第1カウンタにより計測された周期に基づいて、次回の周期の予測値を決定する予測部と、

前記センサ信号の信号レベルが変化した時点でリセットし、前記センサ信号の信号レベルが変化しない間は前記予測値に基づく速度で出力データを変化させることにより、周期が前記予測値の所定数分の1となるノコギリ波状に変化する下位ビット位相信号、
を生成する下位ビット位相生成部と、

前記上位ビット位相信号と前記下位ビット位相信号とを加算して前記ロータの回転角に対応する連続位相信号を生成する加算部と、

前記連続位相信号に進角値を加算して進角値加算位相信号を生成する進角値加算部と、

前記進角値加算位相信号に基づいて前記複数相の巻線の通電タイミングを示す通電角信号を生成する、通電角信号生成部と、

前記通電角信号生成部によって生成された通電角信号に基づいて生成される駆動信号に基づいて、前記複数相の巻線への駆動電圧供給状態およびハイインピーダンス状態に
制御するインバータ回路と、

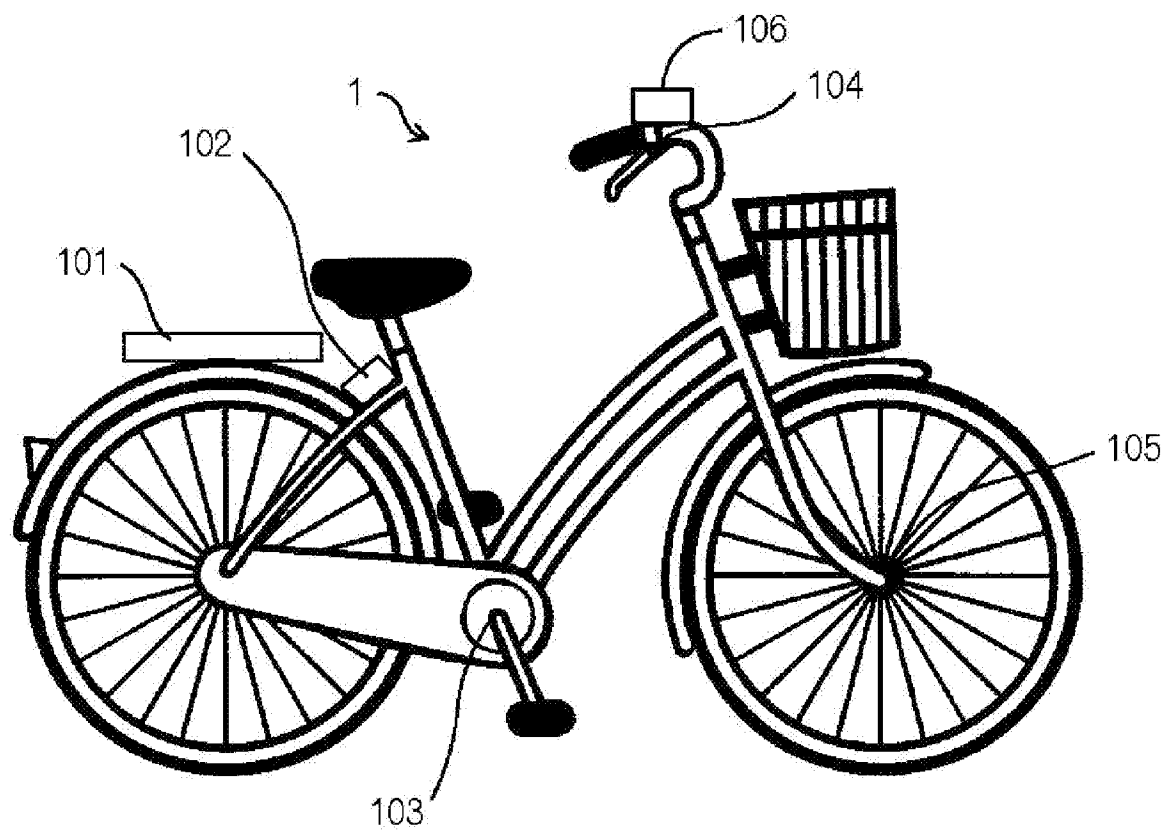
を備えるモータ駆動制御装置。

[請求項15]

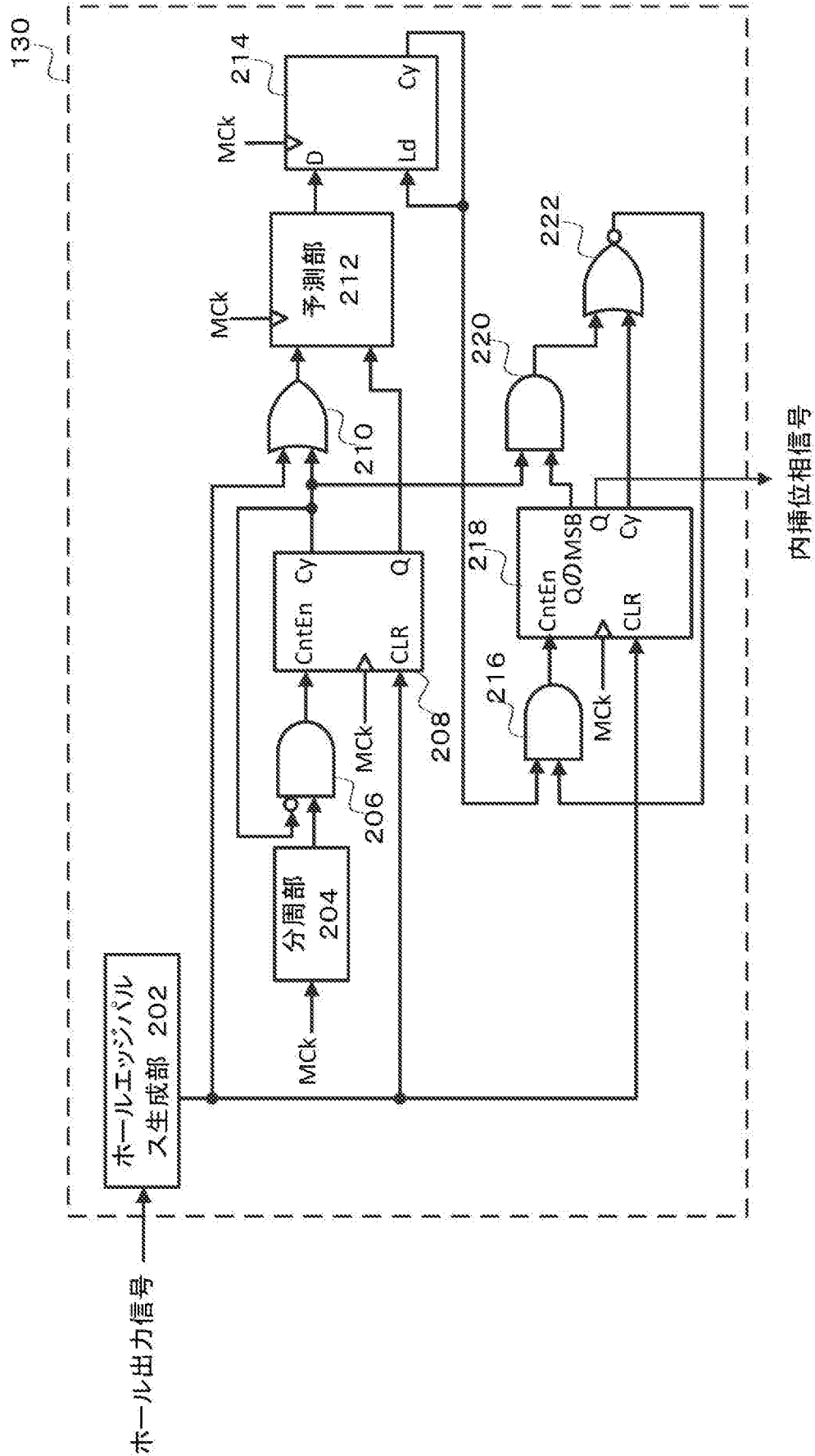
センサ信号の信号に応じてロータの回転角をコード化して上位ビット位相信号を生成し、

前記センサ信号の信号が変化するタイミング間の周期を計測し、
前記周期に基づいて次回の周期を予測し、
前記センサ信号の信号レベルが変化した時点でリセットして前記センサ信号の信号レベルが変化しない間は前記予測により得られた周期に基づく速度で変化させ、周期が前記予測値の所定数分の1となるノコギリ波状に変化する下位ビット位相信号を生成し、
前記上位ビット位相信号と前記下位ビット位相信号とを加算して前記ロータの回転角に対応する連続位相信号を生成することを特徴とする信号生成方法。

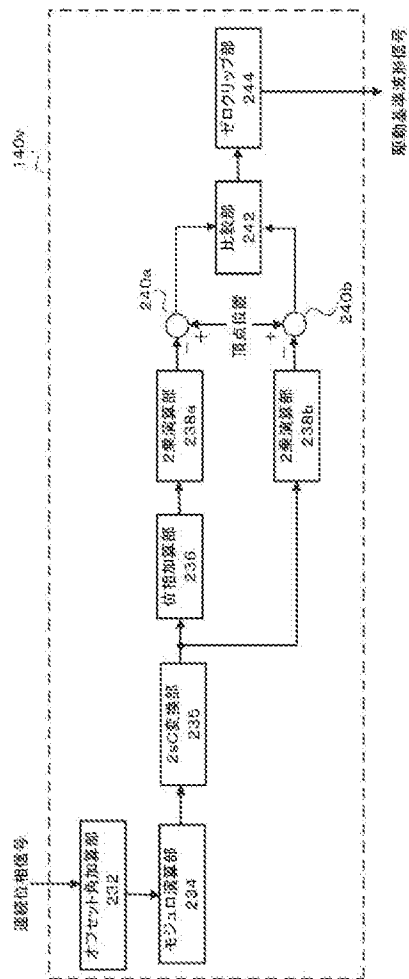
[図1]



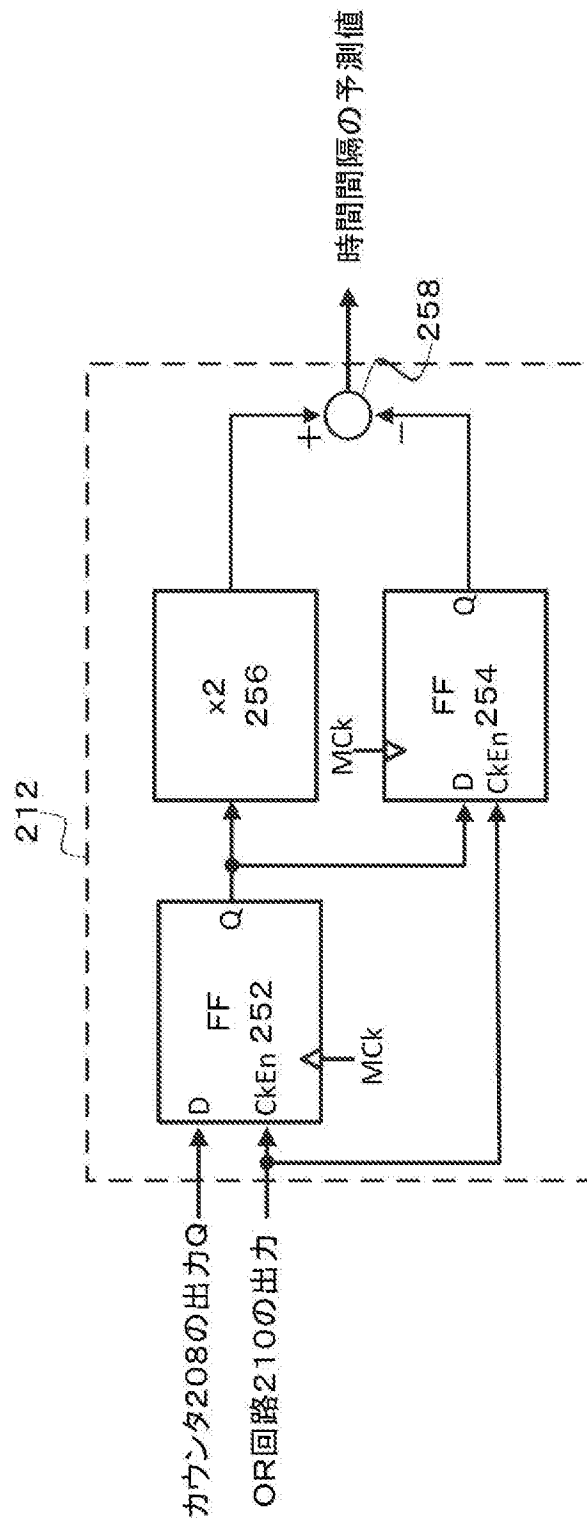
[図3]



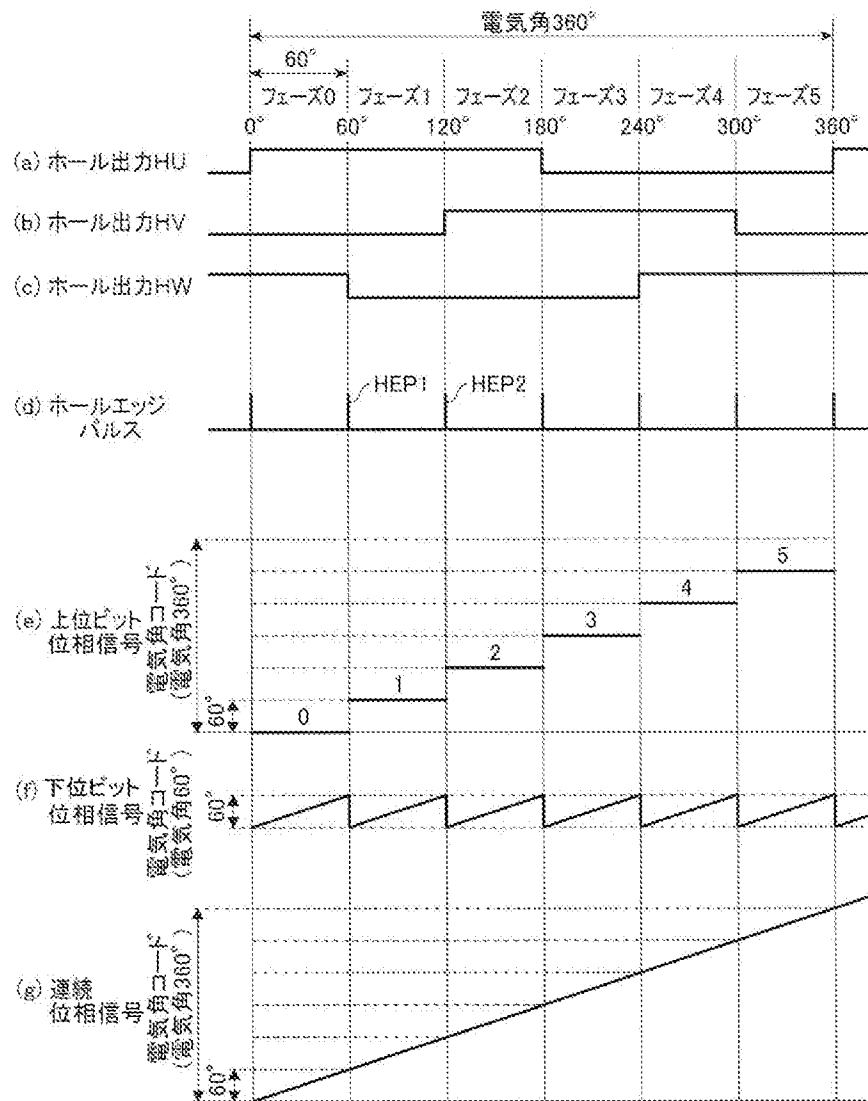
[図4]



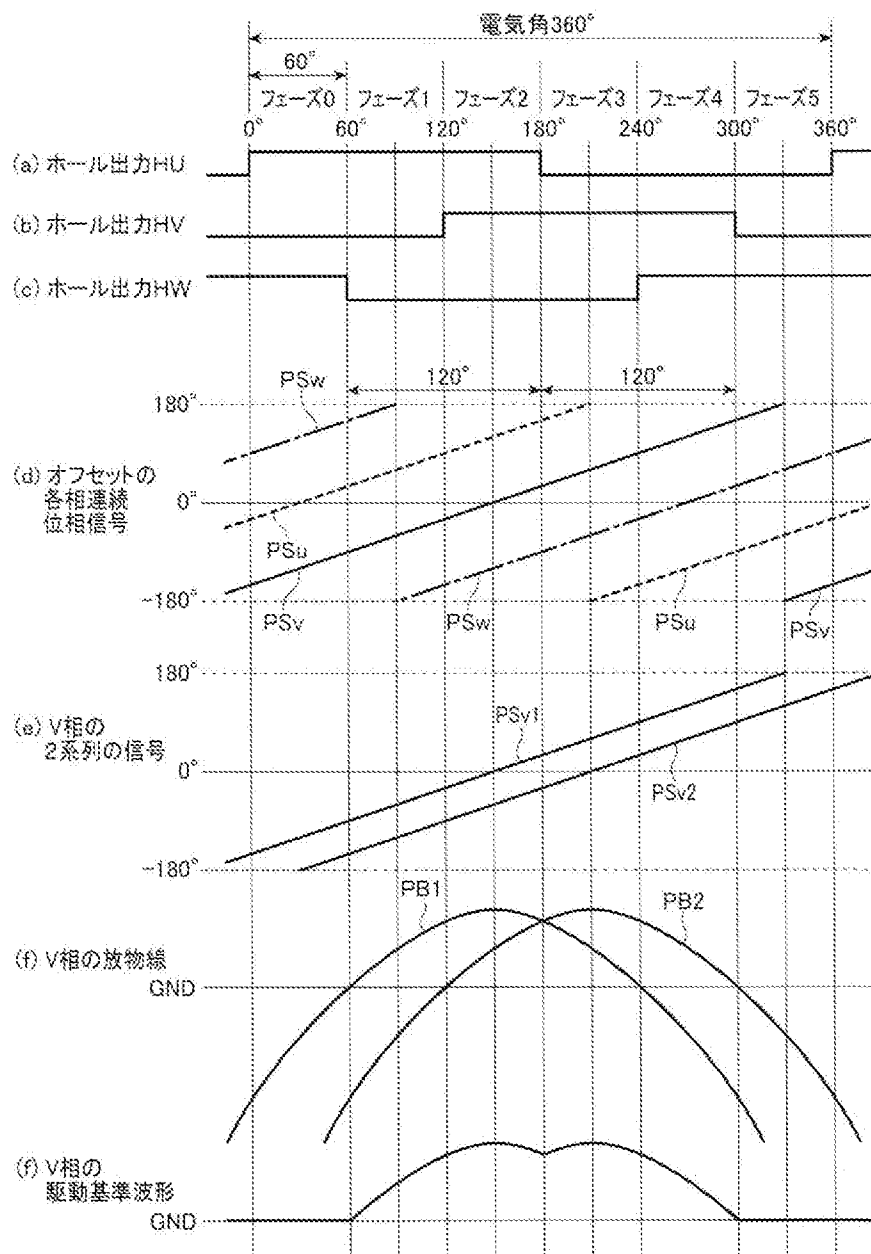
[図5]



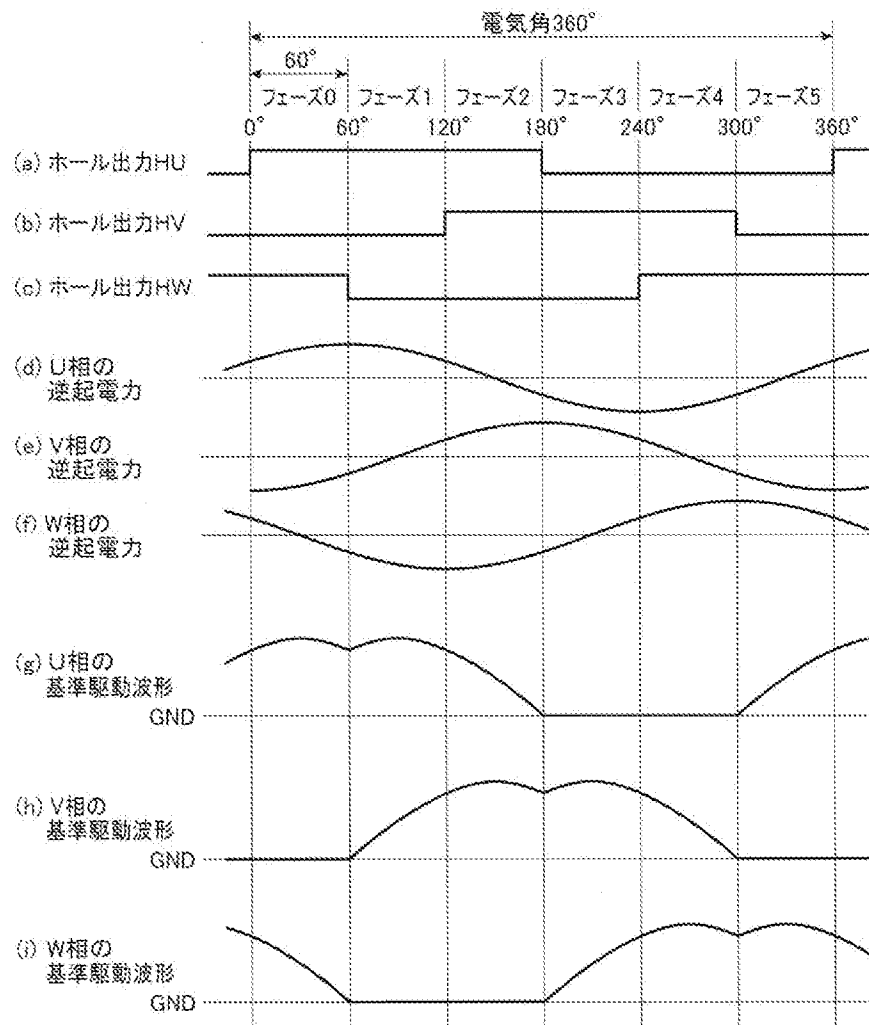
[図6]



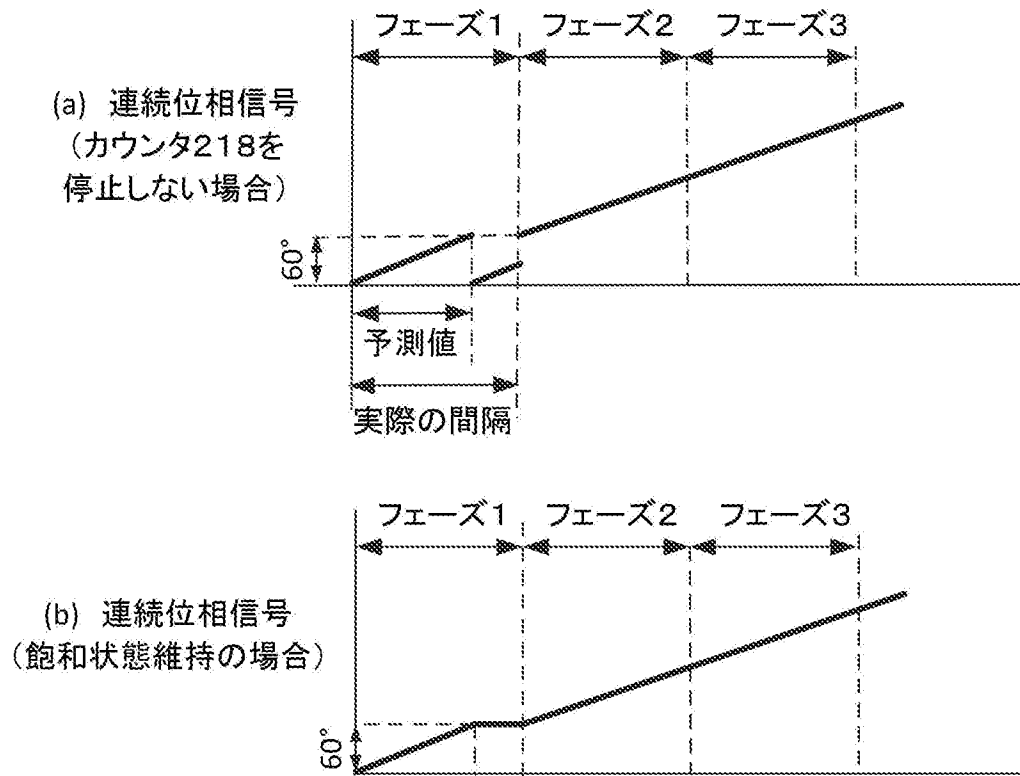
[図7]



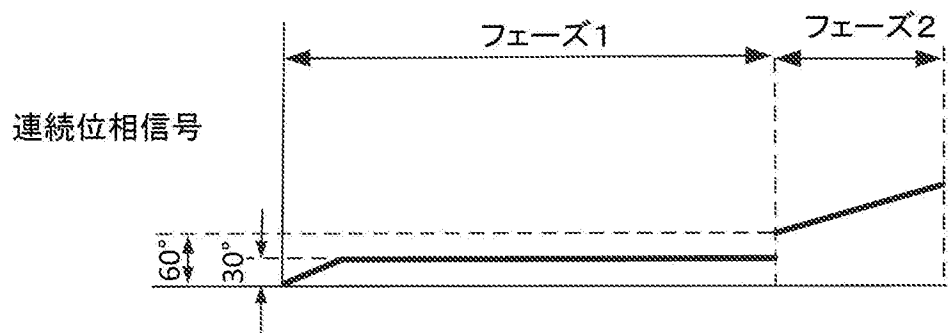
[図8]



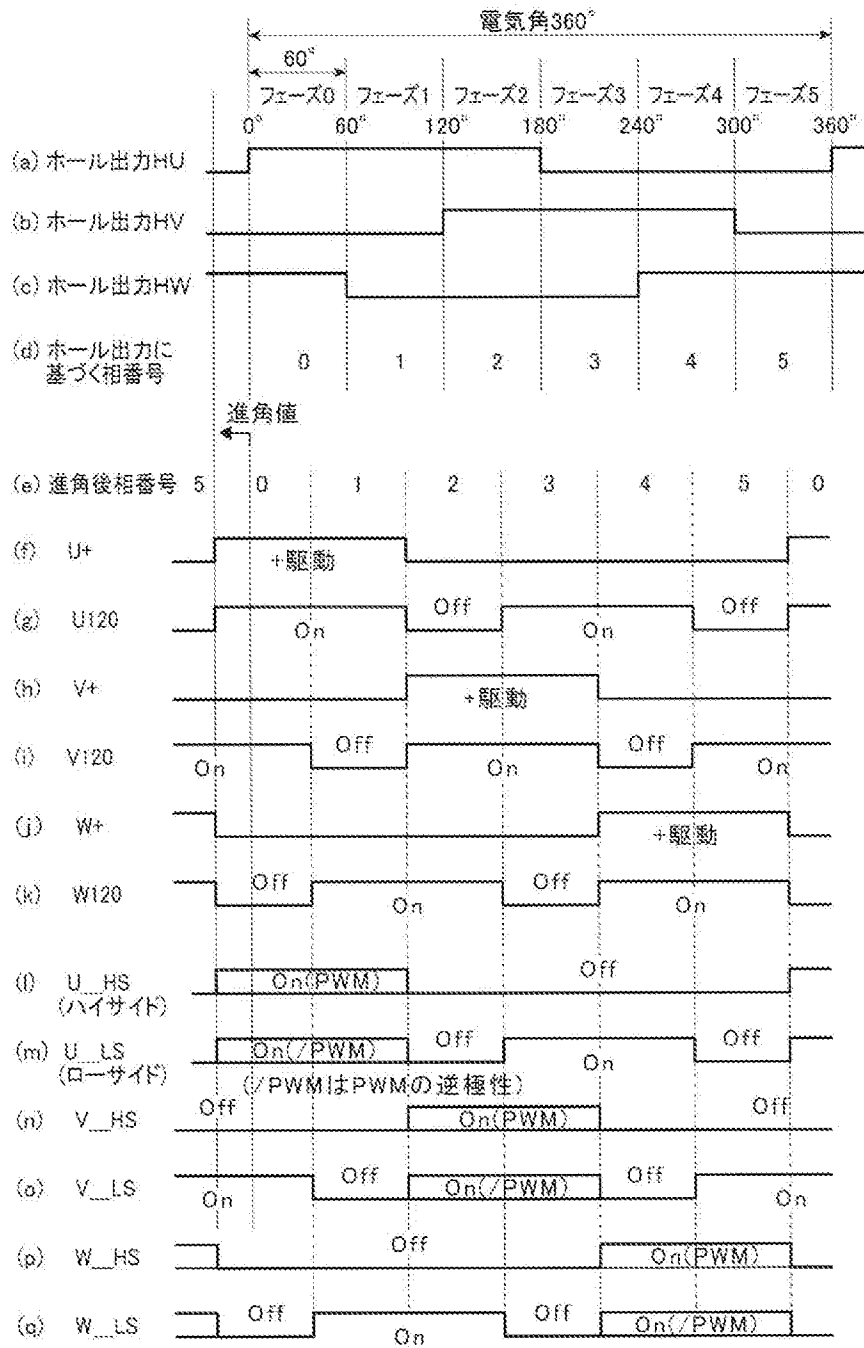
[図9]



[図10]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P6/16(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)

H02P6/16

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2009-141990 A (Rohm Co., Ltd.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0017] to [0065]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5, 9, 11, 15 12-14 6-8, 10
X Y A	JP 4-304191 A (Sony Corp.), 27 October 1992 (27.10.1992), paragraphs [0027] to [0043]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-5, 9, 11, 15 12-14 6-8, 10
Y	JP 2002-199778 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 July 2002 (12.07.2002), paragraphs [0038] to [0041]; fig. 1, 5, 14 to 15 & US 6512343 B1 & WO 2002/052713 A2 & CN 1489823 A	12-14

☒ 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
03 September 2015 (03.09.15)

Date of mailing of the international search report
15 September 2015 (15.09.15)

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/JP2015/068761

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 11-215881 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 August 1999 (06.08.1999), paragraphs [0024] to [0053]; fig. 1 to 5 & US 6081087 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P6/16(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. H02P6/16

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2009-141990 A（ローム株式会社）2009.06.25, 段落【0017】 －【0065】，図1－3（ファミリーなし）	1-5, 9, 11, 15 12-14 6-8, 10
X Y A	JP 4-304191 A（ソニー株式会社）1992.10.27, 段落【0027】－ 【0043】，図1－3（ファミリーなし）	1-5, 9, 11, 15 12-14 6-8, 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

0 3 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 9 . 2 0 1 5

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

3 V

4 0 3 1

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-199778 A (松下電器産業株式会社) 2002.07.12, 段落【0038】－【0041】, 図1, 5, 14－15 & US 6512343 B1 & WO 2002/052713 A2 & CN 1489823 A	12-14
A	JP 11-215881 A (松下電器産業株式会社) 1999.08.06, 段落【0024】－【0053】, 図1－5 & US 6081087 A	1-15