

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-144248
(P2012-144248A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012.8.2)

(51) Int.Cl.
B62M 6/45 (2010.01)

F I
B62M 6/45

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-278040 (P2011-278040)
 (22) 出願日 平成23年12月20日 (2011.12.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-285667 (P2010-285667)
 (32) 優先日 平成22年12月22日 (2010.12.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-285553 (P2010-285553)
 (32) 優先日 平成22年12月22日 (2010.12.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 399091511
 マイクロスペース株式会社
 東京都品川区北品川5丁目7番14-402号
 (71) 出願人 000204284
 太陽誘電株式会社
 東京都台東区上野6丁目16番20号
 (74) 代理人 100103528
 弁理士 原田 一男
 (72) 発明者 田中 正人
 東京都品川区北品川5丁目7番14-402号 マイクロスペース株式会社内
 (72) 発明者 萩原 弘三
 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内

最終頁に続く

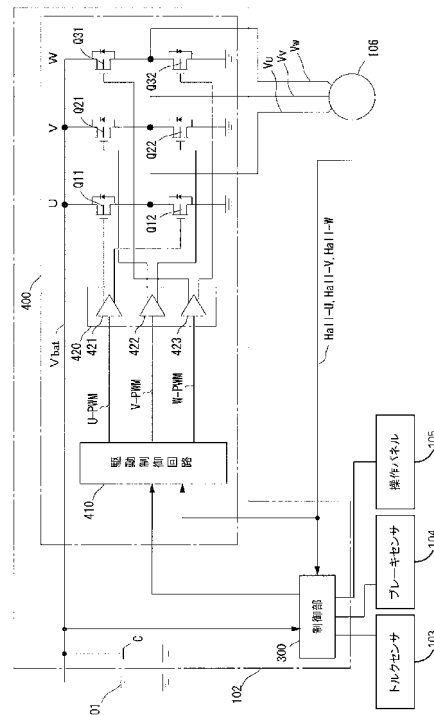
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置及び制御装置

(57) 【要約】

【課題】モータ駆動制御において用いられる、現在車速を精度良く推定できるようにする。

【解決手段】本モータ駆動制御装置は、モータの回転センサから受信し且つ当該モータの回転位相に応じて複数のフェーズに分割可能である周期的な信号を受信して、複数のフェーズの各々について時間を計測する計測部と、計測部により計測された複数のフェーズの各々についての時間から、上記信号の1周期分の時間と、複数のフェーズのうち特定のフェーズの1フェーズ分の変化量に対して所定の定数を乗じた値との和を算出し、当該和から現在車速を推定する車速算出部と、推定された現在車速に応じてモータの駆動を制御する制御部とを有する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータの回転センサから受信し且つ当該モータの回転位相に応じて複数のフェーズに分割可能である周期的な信号を受信して、前記複数のフェーズの各々について時間を計測する計測部と、

前記計測部により計測された前記複数のフェーズの各々についての時間を用いて、前記信号の 1 周期分の時間と、前記複数のフェーズのうち特定のフェーズの 1 フェーズ分の変化量に対して所定の定数を乗じた値との和を算出し、当該和から現在車速を推定する車速算出部と、

推定された前記現在車速に応じて前記モータの駆動を制御する制御部と、
を有するモータ駆動制御装置。

10

【請求項 2】

前記計測部は、

前記信号から前記複数のフェーズの各々について回転方向を特定し、

前記車速算出部は、

所定の観測区間において回転方向が一定であり且つ前記所定の観測区間において前記複数のフェーズの各々の時間が所定時間未満である場合、前記観測区間における第 1 のフェーズの時間と第 2 のフェーズの時間との差により前記変化量を算出する

請求項 1 記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 3】

20

前記所定の観測区間が、前記信号の 1 周期分の前記複数のフェーズと当該複数のフェーズのうち最新のフェーズに対応する前記信号の 1 周期前のフェーズとを含み、

前記変化量が、前記最新のフェーズの時間と前記最新フェーズに対応する前記信号の 1 周期前のフェーズの時間との差で算出される

請求項 2 記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 4】

前記計測部は、

前記信号から前記複数のフェーズの各々について回転方向を特定し、

前記車速算出部は、

所定の観測区間において直近所定個数のフェーズ以外に、時間が所定時間以上となったか又は回転方向が反転しているフェーズが含まれている場合、前記直近所定個数のフェーズのいずれかから前記信号の 1 周期相当の時間を算出し、前記直近所定個数のフェーズに含まれる 2 つのフェーズの時間差により前記変化量を算出する

請求項 1 記載のモータ駆動制御装置。

30

【請求項 5】

前記直近所定個数が 2 であり、前記直近所定個数のフェーズのうち最新のフェーズから前記信号の 1 周期相当の時間が算出される

請求項 4 記載のモータ駆動制御装置。

【請求項 6】

前記計測部は、

前記信号から前記複数のフェーズの各々について回転方向を特定し、

前記車速算出部は、

所定の観測区間において直近所定個数のフェーズにおいて前記回転方向の反転が発生しているか又は前記直近所定個数のフェーズの少なくともいずれかの時間が所定時間以上となっている場合には、最新のフェーズから前記信号の 1 周期相当の時間を算出し、当該信号の 1 周期相当の時間から現在車速を推定する

請求項 1 記載のモータ駆動制御装置。

40

【請求項 7】

モータの回転センサから受信し且つ当該モータの回転位相に応じて複数のフェーズに分割可能である周期的な信号を受信して、前記複数のフェーズの各々について時間を計測す

50

る計測部と、

前記計測部により計測された前記複数のフェーズの各々についての時間を用いて、前記信号の1周期分の時間から求められる1フェーズ分の平均時間と、前記複数のフェーズのうちのあるフェーズの時間と当該あるフェーズから前記信号の1周期前の対応するフェーズの時間との平均又は加重平均とを比較して、所定の条件を満たす場合に前記回転センサのエラーを出力する判定部と、

を有する制御装置。

【請求項8】

前記判定部が、

前記平均時間と前記平均又は加重平均との比が所定範囲内であるか判断する

請求項7記載の制御装置。

10

【請求項9】

前記判定部は、前記所定の条件を満たす状態が所定時間継続した場合にエラーを出力する

請求項7又は8記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ駆動制御装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

例えば、モータを搭載した電動アシスト自転車は、人力を検出するセンサ（トルクセンサ等）を用い、その検出信号に応じてモータによる電動補助力を調整（アシスト制御）するような仕組みになっている。

【0003】

また、搭載する電池のエネルギーで、できるだけ長距離走行できるようにするために、ブレーキ時等の減速時に、モータを発電機として動作させ、エネルギー回収（回生）を行い、モータにより発電された電力により電池を充電するようにしている。

【0004】

このような電動アシスト自転車においては、トルクセンサ等の検出信号から得られる目標トルクだけではなく、モータの現在の回転速度を考慮した上でモータ駆動制御が行われる。

30

【0005】

一般にモータの回転速度の検出には、ホール素子等の回転センサから出力されるパルス信号（ホール信号）の周期を検出してその逆数を計算する方法などが用いられている。しかし、本質的に過去のパルス間隔を測定しているため、十分な精度で現在の回転速度が得られるわけではない。

【0006】

例えば、特開平10-258788号公報に記載されている補助動力付自転車では、回転センサから出力されるパルス間隔をタイマでカウントし、これを速度に変換し、変換された速度を、所定の時間に亘って平均化し、平均化された速度に応じた駆動力を決定している。すなわち、変換された速度を、所定の時間に亘って平均化し、平均化された速度に応じた駆動力を決定している。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第2623419号公報

【特許文献2】特開2003-276672号公報

【特許文献3】特許第3317096号公報

【特許文献4】特開平10-258788号公報

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

従って、本発明の目的は、モータ駆動制御において用いられる現在車速を精度良く推定できるようにするための技術を提供することである。

【0009】

また、本発明の他の目的は、現在車速を推定する際に用いられるモータの回転センサにおける不具合を検出できるようにするための技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0010】**

本発明の第1の態様に係るモータ駆動制御装置は、(A)モータの回転センサから受信し且つ当該モータの回転位相に応じて複数のフェーズに分割可能である周期的な信号を受信して、複数のフェーズの各々について時間を計測する計測部と、(B)計測部により計測された複数のフェーズの各々についての時間を用いて、上記信号の1周期分の時間と、複数のフェーズのうち特定のフェーズの1フェーズ分の変化量に対して所定の定数を乗じた値との和を算出し、当該和から現在車速を推定する車速算出部と、推定された現在車速に応じてモータの駆動を制御する制御部とを有する。

【0011】

このように1周期分の時間を、複数のフェーズ(例えば実施の形態の部分周期)のうち特定のフェーズの1フェーズ分の変化量に応じて調整することにより、精度良く周期を算出できるので、結果として現在車速も精度良く算出できる。

【0012】

また、上で述べた計測部は、上で述べた信号から複数のフェーズの各々について回転方向を特定するようにしても良い。この場合、上で述べた車速算出部は、所定の観測区間において回転方向が一定であり且つ所定の観測区間において複数のフェーズの各々の時間が所定時間未満である場合、観測区間における第1のフェーズの時間と第2のフェーズの時間との差により上記変化量を算出するようにしても良い。

【0013】

通常の走行時には、このような演算によって加速補償を実施することが好ましい。なお、所定の係数については第1のフェーズ及び第2のフェーズについての検出遅延や制御遅延などから決定される。さらに、1周期分のフレームレイテンシに応じた遅延も考慮されることもある。固定の遅延を加えることもある。

【0014】

なお、上で述べた所定の観測区間が、上記信号の1周期分の複数のフェーズと当該複数のフェーズのうち最新のフェーズに対応する上記信号の1周期前のフェーズとを含むようにしても良い。この場合、上で述べた変化量が、最新のフェーズの時間と最新のフェーズに対応する上記信号の1周期前のフェーズの時間との差で算出される場合もある。

【0015】

また、上で述べた計測部は、上記信号から複数のフェーズの各々について回転方向を特定する場合もある。この場合、上で述べた車速算出部は、所定の観測区間において直近所定個数のフェーズ以外に、時間が所定時間以上となったか又は回転方向が反転したフェーズが含まれている場合、直近所定個数のフェーズのいずれかから上記信号の1周期相当の時間を算出し、直近所定個数のフェーズに含まれる2つのフェーズの時間差により上記変化量を算出するようにしても良い。このように、回転方向が少し反転した後であったり、走行開始した少し後の場合には、通常走行時のようには算出できないので、直近所定個数のフェーズの時間から車速を推定する。

【0016】

なお、上で述べた直近所定個数が2であり、直近所定個数のフェーズのうち最新のフェーズから信号の1周期相当の時間が算出される場合もある。

【0017】

10

20

30

40

50

さらに、上で述べた計測部は、上記信号から複数のフェーズの各々について回転方向を特定する場合もある。その場合、上で述べた車速算出部は、所定の観測区間において直近所定個数のフェーズにおいて回転方向の反転が発生しているか又は直近所定個数のフェーズの少なくともいずれかの時間が所定時間以上となっている場合には、最新のフェーズから上記信号の1周期相当の時間を算出し、当該信号の1周期相当の時間から現在車速を推定するようにしても良い。ちょうど反転を開始したり、低速になったりした場合には、このようにして対処するようにしても良い。

【0018】

本発明の第2の態様に係る制御装置は、(A)モータの回転センサから受信し且つ当該モータの回転位相に応じて複数のフェーズに分割可能である周期的な信号を受信して、複数のフェーズの各々について時間を計測する計測部と、(B)計測部により計測された複数のフェーズの各々についての時間を用いて、信号の1周期分の時間から求められる1フェーズ分の平均時間と、複数のフェーズのうちのあるフェーズの時間と当該あるフェーズから上記信号の1周期前の対応するフェーズの時間との平均又は加重平均とを比較して、所定の条件を満たす場合に回転センサのエラーを出力する判定部とを有する。

10

【0019】

このようにすれば回転センサのエラーを的確に検出できるようになる。

【0020】

また、上で述べた判定部が、平均時間と平均又は加重平均との比が所定範囲内であるか判断するようにしても良い。

20

【0021】

さらに、上で述べた判定部は、所定の条件を満たす状態が所定時間継続した場合にエラーを出力するようにしても良い。一時的にエラー状態になるだけの場合もあるためである。

【0022】

なお、第2の態様に係る制御装置は、上記エラーに応じてモータの駆動を制御する制御部をさらに有するようにしても良い。

【0023】

以下で述べる実施の形態は例に過ぎず、上で述べた構成を実現するための態様は様々な存在する。また、ハードウェアのみではなく、ソフトウェアとプロセッサの組み合わせにて実現される場合もある。

30

【発明の効果】

【0024】

一側面によれば、モータ駆動制御において用いられる、現在車速を精度良く推定できるようになる。

【0025】

また、他の側面によれば、現在車速を推定する際に用いられるモータの回転センサにおける不具合を検出できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

40

【図1】図1は、電動アシスト自転車の外観図である。

【図2】図2は、モータ駆動制御装置の構成例を示す図である。

【図3】図3は、制御部の構成例を示す図である。

【図4】図4は、目標トルクと現在車速とを用いたモータ駆動を説明するための図である。

【図5】図5は、車速算出部の構成例を示す図である。

【図6】図6は、ホール信号を説明するための図である。

【図7】図7は、部分周期検出部の構成例を示す図である。

【図8】図8は、部分周期検出部によって生成される信号の遷移図である。

【図9】図9は、観測区間について説明するための図である。

50

【図 10】図 10 は、動作モードを説明するための図である。

【図 11】図 11 は、第 2 の実施の形態に係る制御部の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

[実施の形態 1]

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る電動アシスト自転車の外観を示す図である。この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、二次電池 101 と、モータ駆動制御装置 102、トルクセンサ 103、ブレーキセンサ 104、操作パネル 105、モータ 106 を備えている。

【0028】

二次電池 101 は、例えば供給最大電圧（満充電時の電圧）が 24V のリチウム二次電池であるが、他の種類の二次電池を用いても良い。

【0029】

モータ駆動制御装置 102 は、例えば前輪の上部に固定された筐体内に收容されている。なお、モータ駆動制御装置 102 の詳細については後に詳しく述べる。

【0030】

トルクセンサ 103 は、クランク軸に設けられており、搭乗者によるペダルの踏力を検出し、検出結果をモータ駆動制御装置 102 に出力する。

【0031】

ブレーキセンサ 104 は、例えば磁石と周知のリードスイッチとを含む。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、ブレーキレバーが握られたときにリードスイッチをオン状態にする。また、リードスイッチはその筐体内に固定されている。リードスイッチの導通信号はモータ駆動制御装置 102 に出力される。

【0032】

操作パネル 105 は、ハンドル中央部に固定されており、操作パネルからアシスト開始などの指示情報がモータ駆動制御装置 102 に出力される。

【0033】

モータ 106 は、例えばよく知られている三相直流ブラシレスモータであり、電動アシスト自転車 1 の例えば前輪に装着され、前輪を回転させるとともに、前輪の回転に応じてローターが回転するようにローターが前輪に連結されている。さらに、モータ 106 はホール素子等を備えており、ローターの回転情報をモータ駆動制御装置 102 に出力する。

【0034】

次に、図 2 を用いて、モータ駆動制御装置 102 などの回路例を示す。

【0035】

モータ駆動制御装置 102 は、制御部 300 と、駆動部 400 とを有する。制御部 300 は、トルクセンサ 103、ブレーキセンサ 104 及び操作パネル 105 と接続されている。さらに、制御部 300 及び駆動部 400 には、モータ 106 が有するホール素子からのホール信号（Hall-U, Hall-V, Hall-W）が入力されるようになっている。

【0036】

制御部 300 は、専用の回路にて実装されることもあれば、以下で述べる処理を実行させるためのプログラムと当該プログラムを実行するプロセッサとの組み合わせにて実装されることもあれば、専用の回路とプロセッサ及びプログラムとの組み合わせにて実装されることもある。プロセッサ及びプログラムの組み合わせにて実装される場合には、不揮発性メモリにプログラムを保持しておき、プロセッサは、当該プログラムを RAM（Random Access Memory）に読み出して実行する。また、プログラムの実行に用いられる固定のデータについては、不揮発性メモリに格納されている。

【0037】

また、制御部 300 は、操作パネル 105 からアシスト開始が指示され且つトルクセン

10

20

30

40

50

サ 1 0 3 から出力される入力トルクに相当する信号が入力されると、現在車速と目標トルクとに応じた制御信号を駆動部 4 0 0 に出力する。なお、この処理には、モータ 1 0 6 に含まれるホール信号が用いられる。

【 0 0 3 8 】

なお、ブレーキ操作が行われ、ブレーキセンサ 1 0 4 からブレーキ信号が制御部 3 0 0 に入力された場合、制御部 3 0 0 は、ブレーキセンサ 1 0 4 からの入力信号に基づいて、駆動部 4 0 0 の出力電圧をモータ起電力以下に制御してモータ 1 0 6 から電力を回生することによりブレーキ制御力を得ることができるようになる。なお、このような回生処理については、本実施の形態の主要部ではないのでこれ以上の説明は省略する。

【 0 0 3 9 】

駆動部 4 0 0 は、制御部 3 0 0 からの制御信号とホール信号とから駆動制御を行う駆動制御回路 4 1 0 と、ドライブ素子 4 2 1 乃至 4 2 3 を含むドライブ回路 4 2 0 と、F E T (Field Effect Transistor) Q 1 1 乃至 Q 3 2 を含む 3 相ブリッジ回路とを含む。

【 0 0 4 0 】

3 相ブリッジ回路においては、U 相のために F E T Q 1 1 及び Q 1 2 が直列に接続され、V 相のために F E T Q 2 1 及び Q 2 2 が直列に接続され、W 相のために F E T Q 3 1 及び Q 3 2 が直列に接続されている。そして、制御部 3 0 0 からの制御信号に応じて駆動制御回路 4 1 0 は、ドライブ回路 4 2 0 における 3 つのドライブ素子 4 2 1 乃至 4 2 3 にそれぞれ P W M (Pulse Width Modulation) 信号 (U - P W M , V - P W M , W - P W M) を出力することで、各 F E T のスイッチング動作を制御する。そうすると、二次電池 1 0 1 から印加される電圧 Vbat の、モータ 1 0 6 への印加時間と非印加時間の比率 (デューティ比) が調整される。このようにして、モータ 1 0 6 への供給電力 (Vu, Vv, Vw) を調整して適切なモータ 1 0 6 の回転数を実現される。F E T Q 1 1 乃至 Q 3 2 の具体的な駆動方法についてはよく知られているので、ここでは説明を省略する。

【 0 0 4 1 】

次に、図 3 を用いて、制御部 3 0 0 の構成例を説明する。制御部 3 0 0 は、目標トルク算出部 3 5 0 と、車速算出部 3 1 0 と、第 1 デューティ比換算部 3 3 0 と、第 2 デューティ比換算部 3 2 0 と、加算部 3 4 0 とを有する。

【 0 0 4 2 】

目標トルク算出部 3 5 0 は、トルクセンサ 1 0 3 からの入力トルクに相当する信号から目標トルクを算出して、第 1 デューティ比換算部 3 3 0 に出力する。第 1 デューティ比換算部 3 3 0 は、換算係数 (デューティ比 / トルクに相当する係数) を乗じるなどの処理を実施して、デューティ比換算された第 1 の値を算出し、加算部 3 4 0 に出力する。一方、車速算出部 3 1 0 は、ホール信号から以下で詳細に述べるように現在車速を算出し、第 2 デューティ比換算部 3 2 0 に出力する。第 2 デューティ比換算部 3 2 0 は、現在車速に対して換算係数 (デューティ比 / 現在車速に相当する係数) を乗じるなどの処理を実施して、デューティ比換算した第 2 の値を、加算部 3 4 0 に出力する。

【 0 0 4 3 】

加算部 3 4 0 は、第 1 デューティ比換算部 3 3 0 からの第 1 の値と、第 2 デューティ比換算部 3 2 0 からの第 2 の値とを加算して制御信号を生成し、駆動部 4 0 0 に出力する。駆動部 4 0 0 は、当該制御信号に応じて上で述べたようにモータ 1 0 6 の駆動を行う。

【 0 0 4 4 】

このようなモータ駆動制御装置 1 0 2 の動作をさらに図 4 を用いて説明する。ここでは、現在車速を D_0 と表し、目標トルクを D_T と表すとす。そうすると、上でも述べたように、3 相ブリッジ回路における F E T の平均デューティ比 Duty は、以下のように表される。

$$Duty = D_0 + D_T$$

【 0 0 4 5 】

本実施の形態では、現在の速度のままであれば D_0 の直線に沿った形で平均デューティ

10

20

30

40

50

ー比Dutyを変化させる。モータ106を力行状態にして加速させる場合には、目標トルクは正の値、例えば $+D_t$ に設定されるので、 D_t 分だけこの直線を上方にシフトさせる。そうすれば目標トルクのみだけ加速することになるが、平均デューティ比も相対的に高くすることになる。一方、モータ106を例えば制動状態にして減速する場合には、目標トルクは負の値、例えば $-D_t$ に設定されるので、 D_t だけ上記直線を下方にシフトさせる。そうすれば目標トルクのみだけ減速することになり、平均デューティ比も相対的に低くすることになる。

【0046】

さらに、モータ106の正回転及び逆回転に対応するため、現在車速 D_0 についても、正の値及び負の値が設定される場合がある。

【0047】

以上のようなトルク・フィードフォワード制御を実施することにより、安定的な制御が行われるので、電動アシスト自転車などに好適である。

【0048】

次に、車速算出部310の構成例について、図5を用いて説明する。図5に示すように、車速算出部310は、部分周期検出部311と、現在車速算出部312とを有する。部分周期検出部311は、モータ106からのホール信号を以下で述べるように処理して、以下で詳細に説明する部分周期の長さ及び回転方向を現在車速算出部312に出力する。現在車速算出部312は、部分周期検出部311からの部分周期の長さ及び回転方向に従って現在車速を算出する。

【0049】

本実施の形態では、ホール信号の1周期を6つの部分周期に分割する。ホール信号(Hall-U, Hall-V, Hall-W)は、図6に示すように、それぞれハイの期間とローの期間とがずれているので、各ホール信号の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジを検出して、これらのエッジによって1周期を6つの部分周期に分割する。但し、モータ106の回転速度によって、各部分周期の長さは変化する。また、以下で具体的に示すように、立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの検出順序によって、回転方向の正回転(前進)、負回転(後退)を区別する。

【0050】

次に、図7を用いて部分周期検出部311の構成を説明する。部分周期検出部311は、各ホール信号が入力される第1段目のD-FF(フリップフロップ)と、第1段目のD-FFの出力が入力される第2段目のD-FFと、ホールエッジ検出部3111と、第1段目のD-FFの出力を一部分周期ごとの相番号(PN:Phase Number)に変換する相番号変換部3112と、相番号変換部3112の出力を1相分(すなわち一部分周期分)遅延させるための第1の相遅延D-FFと、相番号変換部3112の出力と第1の相遅延D-FFの出力との差を算出する減算部3113と、減算部3113からの出力により正回転又は負回転の判定を行う相エッジ方向判定部3114と、相エッジ方向判定部3114の出力を1相分遅延させるための第2の相遅延D-FFと、相エッジ方向判定部3114の出力と第2の相遅延D-FFとから回転方向を判定する部分周期方向判定部3115と、ホールエッジ検出部3111が出力するホールエッジの間隔で高周波クロックのクロック数をカウントする部分周期カウンタ3116と、部分周期カウンタ3116がフルカウントになったことを検出するフルカウント検出部3117と、部分周期カウンタ3116の出力を保持する部分周期レジスタ3119とを有する。なお、ここでいう「相」とは、部分周期単位の固有の位相を示し、上述してきた「フェーズ」も同様の意味である。また、これ以降で使う「相」も同様の意味である。

【0051】

第1段目のD-FF及び第2段目のD-FFには、高周波クロックが入力されている。高周波クロックは、部分周期カウンタ3116、第1及び第2の相遅延D-FF、及び部分周期レジスタ3119とも入力される。また、ホールエッジ検出部3111は、同一のホール信号に関連する第1段目のD-FFの出力及び第2段目のD-FFの出力に対し

10

20

30

40

50

て各々排他的論理和を算出し、当該排他的論理和の和を算出することでホールエッジを生成する。

【0052】

次に、部分周期検出部311の動作を説明する。なお、同時に図8の状態遷移図を参照のこと。

【0053】

まず、Hall-U, Hall-V, Hall-W信号は第1段目のD-FFにより高周波クロックに同期化される。そして、ホールエッジ検出部3111では、第1段目のD-FFの出力と、第2段目のD-FFによりさらに1クロック遅延（高周波クロックのクロック周波数はホール信号よりはるかに高い周波数なので遅延量は微小）されたホール信号出力の変化点を検出してホールエッジが検出される。そして、Hall-U, Hall-V, Hall-W各信号の立ち上がり及び立ち下りの両エッジ検出の結果について論理和を算出すると、ホール信号1周期に6発の細いホールエッジパルスが出力される。

10

【0054】

また、相番号変換部3112は、第1段目のD-FF出力のHDU, HDV, HDW信号の組み合わせより6相の相番号PNを出力する。相番号は、正回転時（前進）にはHDUの立ち上がりから順に1から6までとなる。逆回転（逆方向回転、後退回転）時には、6乃至1の順となる。

【0055】

相番号(PN)は、第1の相遅延D-FFでもう1相（部分周期）分の遅延が付加された相遅延相番号PNDとなる。そして、減算部3113で遅延前の相番号PNから相遅延相番号PNDが減算されて相番号差(PN-PND)が得られる。相番号差は、正回転（前進）中、相番号が1増加する+1または-5（相番号6から1への変化時）となる。一方、負回転（後退）中は、相番号差は、相番号が1減少する-1または+5（相番号1から6への変化時）となる。これにより、次の相エッジ方向判定部3114で、その直前のホールエッジを正回転通過したか、負回転通過したかが判定され、エッジ回転方向（1：正回転/0：負回転）が出力される。

20

【0056】

さらに、相エッジ方向判定部3114の出力であるエッジ回転方向は、さらに第2の相遅延D-FFでもう1相（部分周期）分の遅延が付加されて部分周期方向判定部3115に出力される。部分周期方向判定部3115では、遅延前後のエッジ回転方向が比較され、(A)遅延前後の両エッジとも正回転ならその間の部分周期方向も正回転、(B)遅延前後の両エッジとも負回転ならその間の部分周期方向も負回転、(C)遅延前後の両エッジで回転方向が異なる場合はその間の部分周期方向は反転（その部分周期中に反転が起きている）と判定される。

30

【0057】

一方、部分周期検出部311の右半分のブロックでは、ホールエッジパルスにより、部分周期カウンタ3116は、クロック同期クリアされ、ゼロから高周波クロックでカウントアップして行く。次回のホールエッジパルスにより、部分周期カウント値が次段の部分周期レジスタ3119に更新取込みされ、部分周期レジスタ3119は取り込んだ部分周期を出力する。同時に、部分周期カウンタ3116は同期クリアされる。

40

【0058】

ほぼ停止と見られる超低速時には、部分周期カウンタ3116が所定のフルカウント（車速がほぼ0とみなすことができるカウント値）になったとフルカウント検出部3117により検出された時点で、フルカウント検出部3117により部分周期カウンタ3116のカウントイネーブル(CE)端子でカウントが停止され、カウント値は飽和する。その飽和した部分周期の値が部分周期レジスタ3119に取り込まれ出力されると、現在車速算出部312では停止（ほぼ停止）扱いとされる。

【0059】

なお、部分周期レジスタ3119のクロックイネーブル(EN)端子にORゲートから

50

入力される信号は、部分周期カウンタ 3 1 1 6 がフルカウントになったとフルカウント検出部 3 1 1 7 により検出された時点でハイとなって、部分周期レジスタ 3 1 1 9 に、強制的にフルカウントの値（飽和部分周期）を取込ませる。すなわち、フルカウント検出部 3 1 1 7 がフルカウントを検出した場合には、その部分周期は飽和部分周期となる。

【 0 0 6 0 】

これにより、完全停止時に次のホールエッジが来ないために、ほぼ停止と判断すべき最後の飽和部分周期が、部分周期レジスタ 3 1 1 9 に取り込まれないという事態を防止できる。

【 0 0 6 1 】

なお、図 8 に示すように、期間 I で回転方向の反転が発生すると、エッジ回転方向については 1 相後で負回転 R が検出されるようになり、さらに相遅延エッジ回転方向についてはさらに 1 相後で負回転 R が検出されるようになる。部分周期回転方向については、エッジ回転方向について負回転 R が検出されると、回転方向の反転が検出されることになる。

10

【 0 0 6 2 】

次に、車速算出部 3 1 0 の演算内容について説明する。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態では、図 9 に示すように、現在の部分周期を $P(n)$ とすると、6 つ前の部分周期 $P(n-6)$ までの 7 つの部分周期を観測して、現在の走行状態を把握する。すなわち、RAM 等のメモリに直近 7 部分周期及び回転方向を保持しておく。そして図 9 に示すように、部分周期 $P(n)$ 乃至 $P(n-6)$ のいずれもが飽和部分周期ではなく（所定値以上の速度絶対値がある）、回転方向が同方向（図 9 では正回転。但し負回転でも可。）である場合には、(1) 7 つの部分周期を用いて高精度加速度補償演算を行って現在車速を算出する。

20

【 0 0 6 4 】

また、最新の 2 つの部分周期 $P(n)$ 及び $P(n-1)$ （ここで「2 つ」は一例で他の値であっても良い。）については同方向回転で飽和部分周期でないが、それ以外の部分に回転方向の反転があったり飽和部分周期がある場合には、(2) 最新の 2 つの部分周期を用いて加速度補償演算を行って現在車速を算出する。

【 0 0 6 5 】

さらに、最新の 2 つの部分周期 $P(n)$ 及び $P(n-1)$ （ここで「2 つ」は一例で他の値であっても良い。）の少なくともいずれかで、回転方向の反転が生じているか又は飽和部分周期である場合には、(3) 最新の 1 つの部分周期のみを用いて現在車速を算出する。

30

【 0 0 6 6 】

図 10 に示すように、(A) 及び (B) の状態の場合には (1) の処理を行う。また、(C) 乃至 (F) のように、 $P(n-1)$ 及び $P(n)$ については非飽和部分周期であり且つ回転方向が同一である場合には、(2) の処理を行う。(G) 乃至 (I) の場合には、 $P(n-1)$ もしくは $P(n)$ において飽和部分周期となっているか又は回転方向の反転が検出されているので、(3) の処理を行う。

40

【 0 0 6 7 】

(1) 高精度加速度補償演算付き現在車速算出

この場合、加速度補償後周期を以下のように算出する。

加速度補償後周期 = 定常速度項 + 第 1 補正項 + 第 2 補正項

【 0 0 6 8 】

定常速度項は、以下のように算出される。

定常速度項 = $P(n) + P(n-1) + P(n-2) + P(n-3) + P(n-4) + P(n-5)$

このようにホール信号の 1 周期分の部分周期の総和となっている。

【 0 0 6 9 】

また、第 1 補正項は、以下のように表される。

第 1 補正項 = $(6/2 + 1/2) \times \{ P(n) - P(n-6) \} / 6$

50

$$= \{ P(n) - P(n-6) \} \times (7/12)$$

上記の「6 / 2」は6部分周期分の平均遅延であって、速度検出遅延分を表す。また、「1 / 2」は、検出後即刻出力され、次回パルスによる出力更新までホールドされるPWM出力の平均遅延であって、制御遅延分を表す。すなわち、第1補正項はパルス周期に比例した遅延成分を表す。

【0070】

さらに、第2補正項は、以下のように表される。

第2補正項 = $\{ P(n) - P(n-6) \} \times \{ Lf \times \text{周期カウンタ周波数} (= \text{定数}) / (\text{定常速度項の値}) \}$

遅延時間 Lf (= フレームレイテンシ) は、例えば10m秒であり、第2補正項では、ホール信号の1周期に換算するため定常速度項の値 ($P(n) + P(n-1) + P(n-2) + P(n-3) + P(n-4) + P(n-5)$) で除している。

【0071】

遅延時間 Lf は、具体的には以下のように決められる。

$Lf = \{ Kfl / \text{フレーム周波数} \}$ 秒

$Kfl = \text{等価遅延フレーム数}$

= ホール信号からPWMに反映するまでの平均遅延 0.5 フレーム

+ PWMの1フレーム間維持による平均遅延 0.5 フレーム

+ 計算遅延 フレーム

= 1 +

0 $Kfl < 2$

標準期待値 = 1 + (は計算などの遅延分)

このように、 Kfl を調整可能定数としておく。

【0072】

加速度補償後周期が得られれば、

$1 / (\text{加速度補償後周期} \times 1 \text{回転当りのホール周期の数})$

によって回転数が得られる。さらにモータ駆動輪の周長を乗ずれば、車速が得られる。

【0073】

なお、本実施の形態では、 $\{ P(n) - P(n-6) \}$ というように最新の部分周期からホール信号1周期前の部分周期の差(変化量)を平均加速として算出しているが、他の部分周期によって加速度を算出するようにしても良い。

【0074】

(2) 加速度補償演算付き現在車速算出

(2)の場合には $P(n)$ 及び $P(n-1)$ のみが正常時のデータなので、以下のように算出する。

$$\begin{aligned} \text{加速度補償後周期} &= P(n) \times 6 + (P(n) - P(n-1)) \times 6 \\ &= 6(2P(n) - P(n-1)) \end{aligned}$$

本実施の形態では $(P(n) - P(n-1))$ という部分周期の変化量を平均加速として算出している。

【0075】

加速度補償後周期が得られれば、

$1 / (\text{加速度補償後周期} \times 1 \text{回転当りのホール周期の数})$

によって回転数が得られる。さらにモータ駆動輪の周長を乗ずれば、車速が得られる。

【0076】

(3) 現在車速の算出

本実施の形態では、(3)のような状態の場合には、以下のようにして周期を算出する。加速度補償は行わない。このとき、 $P(n)$ 自身が飽和周期の場合、または $P(n)$ 自身の期間で反転が生じている場合、 $P(n)$ として飽和周期を使用する。

$$\text{周期} = P(n) \times 6$$

このように周期が得られれば、

10

20

30

40

50

1 / (周期 × 1 回転当りのホール周期の数)

によって回転数が得られる。さらにモータ駆動輪の周長を乗ずれば、車速が得られる。

【 0 0 7 7 】

このように、本実施の形態では、上で述べたようにホール信号のエッジを用いた時刻測定に基づき現在車速を算出しているため、フィードバック法の電流検出に比べて、きわめて高精度且つノイズの影響を受けることなく測定することができる。

【 0 0 7 8 】

したがって、モータ駆動制御装置 1 0 2 によれば、従来例のように所定時間や一定周期分の遅れを生じることなく、モータに駆動制御が届く時点のリアルタイムに即した周期を計算して利用しているため、ペダル速度の変化に迅速に対応することができる。これにより、車両の速度が急激に変化する急発進動作や急停止動作を行った場合にも、速度演算結果が実際にモータに駆動信号が届く時点での現在速度と大きくずれることがなく、的確なモータ駆動制御を行うことができ、従来のようにモータ 1 0 6 に過大電流が流れることがなく、過大電流による回路の破損が生じたり、急激な動作変化による事故が生じることがない。

【 0 0 7 9 】

[実施の形態 2]

第 1 の実施の形態ではホール信号により現在車速の算出を行っているので、ホール信号を出力するホール素子に故障が発生していると問題である。従って、図 1 1 に示すように、部分周期検出部 3 1 1 からの部分周期の出力を用いてエラー検出を行うエラー検出部 3 6 0 を設ける。エラー検出出力がなされた場合には、制御部 3 0 0 においてエラー対応処理を実施する。例えば、ペダル回転センサの出力から推定される車速をベースに制御を行うようにしても良い。さらに、警告表示を操作パネル 1 0 5 に行うことによって、修理を促すようにしても良い。

【 0 0 8 0 】

本実施の形態におけるエラー検出部 3 6 0 は、第 1 の方法として、以下の判定式にてエラーを判定する。

$$\text{判定値} = \{ (P(n) + P(n-6)) / 2 \} / \{ (P(n) + P(n-1) + P(n-2) + P(n-3) + P(n-4) + P(n-5)) / 6 \}$$

【 0 0 8 1 】

すなわち、ホール信号 1 周期分の平均部分周期に対する $\{ (P(n) + P(n-6)) / 2 \}$ の比率を算出する。 $\{ (P(n) + P(n-6)) / 2 \}$ は、最新の部分周期と、当該最新の部分周期からホール信号 1 周期分前の部分周期との平均である。但し、単純な平均ではなく、加重平均であっても良い。

【 0 0 8 2 】

この判定値が例えば 1 ± 0.1 の許容範囲内に入らなければエラーと判定する。

【 0 0 8 3 】

さらに精度良くエラー検出を行う第 2 の方法としては、加速度補償を含む以下のような判定式を用いる。

$$\text{判定値} = \{ (7/12) \times P(n) + (5/12) \times P(n-6) \} / [\{ P(n) + P(n-1) + P(n-2) + P(n-3) + P(n-4) + P(n-5) \} / 6]$$

【 0 0 8 4 】

この判定式の分母における 6 部分周期平均はその検出平均遅延が 3 部分周期となるが、分子の 2 部分周期の平均遅延は $(0.5 + 6.5) / 2 = 3.5$ 部分周期となり、分母と 0.5 周期のずれが生ずる。定速度時はそれで問題ないが、加減速中はその時間差分だけずれることになるため、そのずれ分を加速補償して分母と同じ 3 部分周期前の周期が得られるよう、 $P(n)$ と $P(n-6)$ の内分比を 3 : 3 から 3.5 : 2.5 に替えてある。すなわち、7 / 12 と 5 / 12 が重みとして用いられている。

【 0 0 8 5 】

第 1 の方法及び第 2 の方法でも、例えば 1 秒など所定時間エラーが継続した場合に、工

10

20

30

40

50

ラー出力を行う。

【0086】

本実施の形態では、モータ106の回転センサから出力されるホール信号を用いて回転センサのエラー発生や回転センサの故障の判定を行っているので、ホール信号の断線や異常周期などに対処可能となる。

【0087】

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るものではない。例えば、制御部300の構成については、ハードウェアで実装してもプログラムとプロセッサの組み合わせで実装しても良い。上で述べた機能ブロック構成は一例であって、必ずしも実際の回路モジュール構成やプログラムモジュール構成と一致しない場合がある。

10

【0088】

また、上で述べた実施の形態では、モータ106の回転に応じて電気角120°位相がずれた3つのホール信号(Hall-U,Hall-V,Hall-W)を前提にした処理の説明を行ったが、位相がずれた2つ以上の任意の数の位相検出信号を出力する任意の種類の回転センサを用いて、上記と同様の処理を行ってもよい。

【0089】

また、上ではPWM制御の例を示したが、必ずしもPWM制御でなくても良い。PNM(Pulse Number Modulation)やPDM(Pulse Density Modulation)や1ビットアンプその他の方式で行うようにしても良い。

【0090】

20

また、上記モータ駆動制御装置は、電動アシスト自転車以外にも、電動オートバイ、電気自動車、ハイブリッド自動車、電車、エレベータ、エスカレータなどを含む電動車両、およびその他電動機駆動においてモータ駆動制御を行う装置に適用可能である。

【符号の説明】

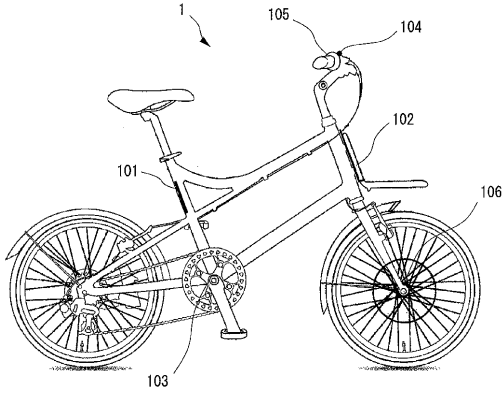
【0091】

- 101 二次電池
- 102 モータ駆動制御装置
- 103 トルクセンサ
- 104 ブレーキセンサ
- 105 操作パネル
- 106 モータ
- 300 制御部
- 400 駆動部
- 410 駆動制御回路
- 420 ドライブ回路
- 310 車速算出部
- 320 第2デューティ比換算部
- 330 第1デューティ比換算部
- 350 目標トルク算出部
- 311 部分周期検出部
- 312 現在車速算出部
- 360 エラー検出部

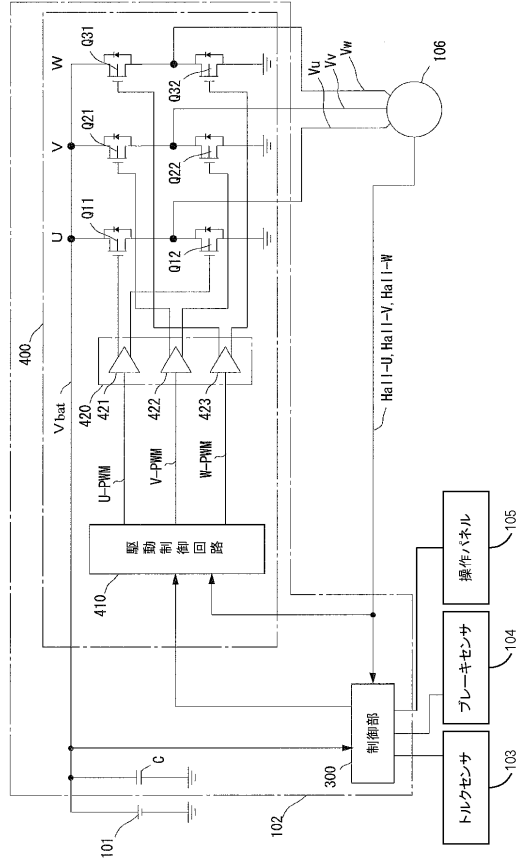
30

40

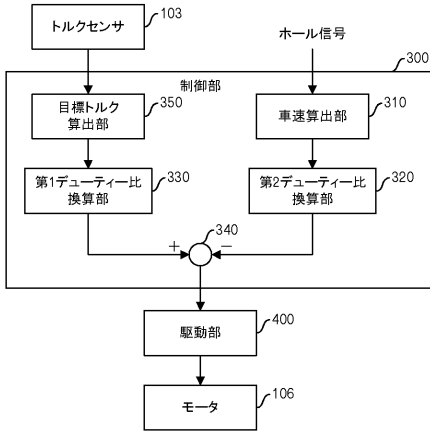
【図1】



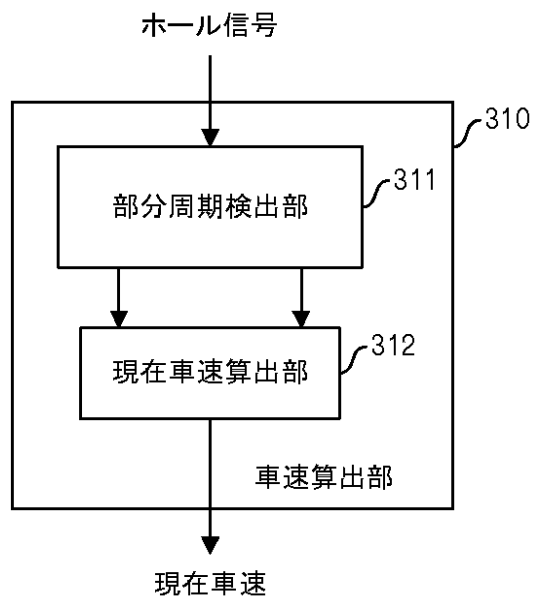
【図2】



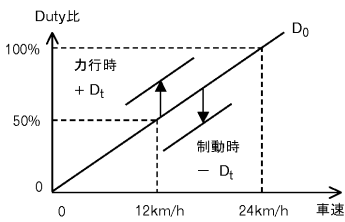
【図3】



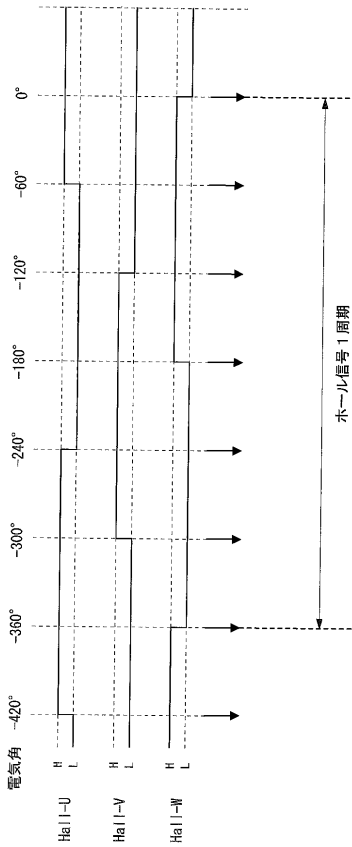
【図5】



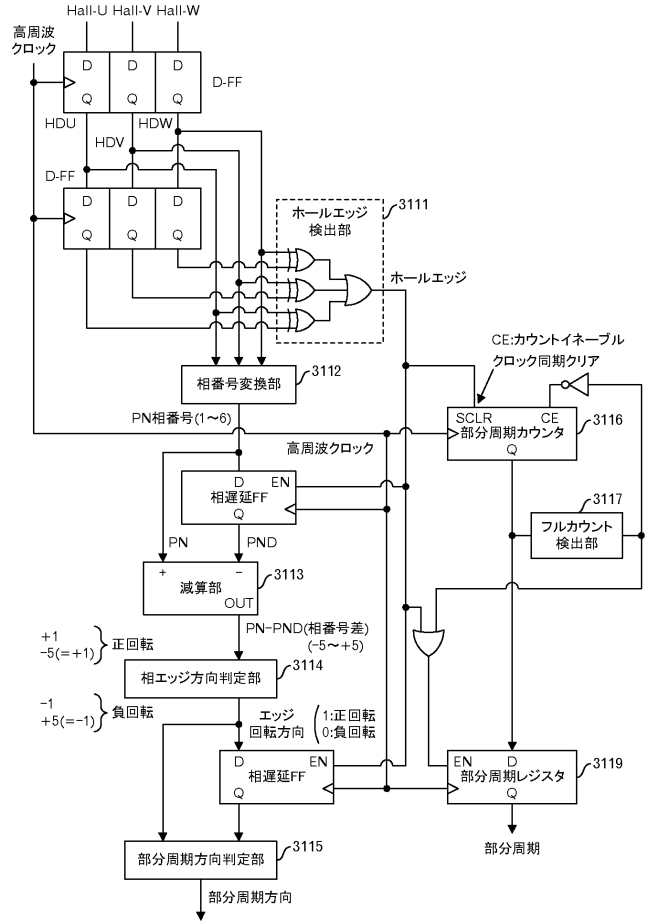
【図4】



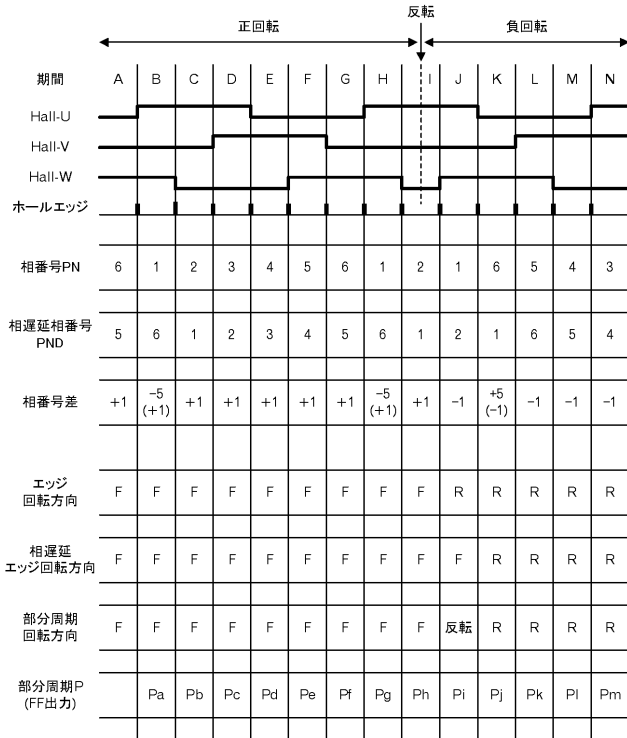
【図6】



【図7】



【図8】



F:正回転(Forward)
R:負回転(Reverse)

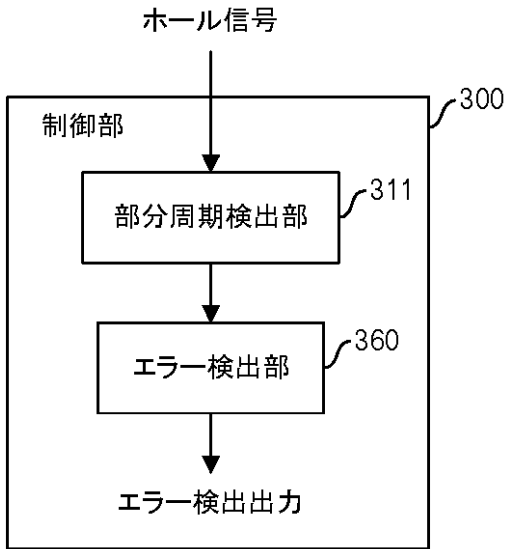
【図9】



【図10】

	部分周期	P(n-6)	P(n-5)	P(n-4)	P(n-3)	P(n-2)	P(n-1)	P(n) =最新
(A)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	非	非
	回転方向	正	正	正	正	正	正	正
(B)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	非	非
	回転方向	負	負	負	負	負	負	負
(C)	部分周期飽和	非	非	飽和	非	非	非	非
	回転方向	正	正	正	正	正	正	正
(D)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	非	非
	回転方向	負	反転	正	正	正	正	正
(E)	部分周期飽和	非	非	飽和	非	非	非	非
	回転方向	正	正	正	反転	負	負	負
(F)	部分周期飽和	非	非	非	非	飽和	非	非
	回転方向	負	負	負	反転	正	正	正
(G)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	非	飽和
	回転方向	正	正	正	正	正	正	正
(H)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	非	飽和
	回転方向	正	正	正	正	正	正	反転
(I)	部分周期飽和	非	非	非	非	非	飽和	非
	回転方向	正	正	正	正	正	反転	負

【図 1 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 白川 弘和
東京都台東区上野6丁目1番20号 太陽誘電株式会社内
- (72)発明者 浅沼 和夫
東京都台東区上野6丁目1番20号 太陽誘電株式会社内