

(74) 代理人:内藤 嘉昭, 外(NAITOH Yoshiaki et al.);
〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目 3 番 1
号 城山トラストタワー 3 2 階 特許業務法
人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

change is detected in either the sine signal or the cosine signal and then a change is detected in the other signal.

(57) 要約: 電源制御部 (56) は、センサ (32) に間欠的に電源を供給してセンサ (32) を駆動する駆
動間隔を、正弦信号及び余弦信号の何れの信号の変化も検出されない場合に第1時間間隔 (x秒) に設定
し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号のみの変化を検出した場合に第1時間間隔より短い第2時間
間隔 ((x-2.2)秒) に設定し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号の変化を検出した後に他方
の信号の変化を検出した場合には第2時間間隔より短い第3時間間隔 ((x-4.4)秒) に設定する。

明 細 書

発明の名称：

回転角検出装置、電動パワーステアリング装置及び電動パワーステアリング装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、回転角検出装置、電動パワーステアリング装置及び電動パワーステアリング装置の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、モータ回転軸の回転角を検出するセンサが提案されている。また、電源スイッチがオフである間のモータの回転軸の回転数を監視する技術が提案されている。

例えば、電動パワーステアリングシステムにおいては、電源スイッチであるイグニッションキー（主電源）がオフされてアシスト機能が停止している間にも、外力によりステアリングシャフトが回されることがある。このため、イグニッションキーがオフである間も、バッテリーによりバックアップされた回路によって、ステアリングシャフトに連結したモータの回転軸の回転数を監視することが好ましい。

[0003] 例えば、下記特許文献1には、電動ステアリングモータの角度位置を検出するMR（磁気抵抗：Magnetic Resistance）センサとその出力信号を処理する計数ユニットとをそれぞれ2個ずつ備えて冗長化し、電源スイッチであるイグニッションキーがオフである間に、2つのMRセンサが各々出力する正弦信号及び余弦信号に基づいて、2つの計数ユニットによって電動ステアリングモータの回転数をカウントする技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：欧州特許第2050658号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1の技術では、イグニッションキーがオフである間にセンサに流れる電流のために消費電力の増加を招くおそれがある。

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、モータ回転軸の回転に応じた信号を出力するセンサを備える回転角検出装置において、電源スイッチがオフである期間の消費電力を低減することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明の一態様による回転角検出装置は、モータのモータ回転軸の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだセンサ信号を出力するセンサと、センサに電源を供給するセンサ電源供給部と、電源スイッチがオンである場合にセンサに連続的に電源を供給し、電源スイッチがオフである場合にセンサに間欠的に電源を供給するようにセンサ電源供給部を制御する電源制御部と、正弦信号の変化及び余弦信号の変化を検出するセンサ信号検出部と、を備える。

電源制御部は、センサに間欠的に電源を供給してセンサを駆動する駆動間隔を、正弦信号及び余弦信号の何れの信号の変化も検出されない場合に第1時間間隔に設定し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号のみの変化を検出した場合に第1時間間隔より短い第2時間間隔に設定し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号の変化を検出した後に他方の信号の変化を検出した場合には第2時間間隔より短い第3時間間隔に設定する。

[0007] また、本発明の他の態様による電動パワーステアリング装置は、車両の操舵軸に設けられたトーションバーを介して連結された入力軸と出力軸との振れ角に基づいて操舵軸に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサと、車両の操舵機構に操舵補助力を付与するモータと、モータのモータ回転軸の回転角情報を算出する上記の回転角検出装置と、操舵トルクに基づいてモータを駆動制御するモータ制御部と、振れ角と、減速ギアの減速比と、回転角情報とに基づいて、入力軸の操舵角を算出する操舵角算出部と、を備える。

また、本発明の他の態様による電動パワーステアリング装置の制御方法は

、操舵角算出部が算出した操舵角に基づいて、モータにより付与する操舵補助力を制御する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、モータ回転軸の回転に応じた信号を出力するセンサを備える回転角検出装置において、電源スイッチがオフである期間の消費電力を低減できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施形態の電動パワーステアリング装置の一例の概要を示す構成図である。

[図2]第1正弦信号、第1余弦信号、第2正弦信号及び第2余弦信号の一例を示す図である。

[図3]センサユニットの一例の概略を示す分解図である。

[図4]コントローラの構成例を示す図である。

[図5]第1実施形態の電源管理部の機能構成の一例のブロック図である。

[図6] (a) ～ (d) は回転数検出部の動作の一例の説明図であり、(e) は回転数情報の一例の説明図である。

[図7]マイクロプロセッサの機能構成の一例のブロック図である。

[図8] (a) は第1正弦信号 $SIN1$ 及び第1余弦信号 $COS1$ を示す図であり、(b) は角度位置情報 $\theta1$ の一例を示す図であり、(c) はモータ回転数 Nr を示す図であり、(d) は回転角情報 θm を示す図である。

[図9]アシスト制御部の機能構成の一例のブロック図である。

[図10] (a) は第2正弦信号 $SIN2$ 及び第2余弦信号 $COS2$ を示す図であり、(b) はコンパレータの閾値電圧 Vr に誤差がある場合の正弦カウント値 $CNTs$ 及び余弦カウント値 $CNTc$ の一例を示す図であり、(c) はカウント合計値 CNT の一例を示す図である。

[図11] (a) は回転数情報補正部がない場合にモータ回転数 Nr に生じうる誤差の説明図であり、(b) は回転角情報 θm に生じうる誤差の説明図である。

[図12]回転数情報補正部の機能構成の一例のブロック図である。

[図13] (a) は第1象限信号Q1及び第2象限信号Q2の一例を示す図であり、(b) は第1象限信号Q1と第2象限信号Q2との間の差分を示す図であり、(c) は補正済カウント合計値CNTaの一例を示す図であり、(d) は補正済カウント合計値CNTaから算出したモータ回転数Nrを示す図である。

[図14]第2実施形態の電源管理部の機能構成の一例のブロック図である。

[図15]イグニッションキーがオフである間にモータ回転軸の回転を検出した場合の第2センサの駆動間隔の制御の一例の説明図である。

[図16]イグニッションキーがオフである間にモータ回転軸の回転を検出しない場合の第2センサの駆動間隔の制御の一例の説明図である。

[図17]駆動間隔指示信号が指示する駆動間隔の設定方法の一例のフローチャートである。

[図18]図17の回転検出処理の一例のフローチャートである。

[図19] (a) はイグニッションキーがオフである間に間欠的に出力される第2センサ電源Vs2の一例の波形を示す図であり、(b) は(a)の第2センサ電源Vs2の1回の間欠出力の波形を示す図である。

[図20]第3実施形態の電源管理部の機能構成の一例のブロック図である。

[図21]第4実施形態のセンサユニットの回路構成の一例の概略を示すブロック図である。

[図22]第4実施形態のコントローラの構成例を示す図である。

[図23]変形例の電動パワーステアリング装置の一例の概要を示す構成図である。

[図24]変形例の電動パワーステアリング装置の一例の概要を示す構成図である。

[図25]変形例の電動パワーステアリング装置の一例の概要を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の実施形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す本発明の実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の構成、配置等を下記のものに特定するものではない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された請求項が規定する技術的範囲内において、種々の変更を加えることができる。

[0011] (第1実施形態)
(構成)

以下、実施形態の回転角検出装置を、車両のステアリング機構にモータの回転力で操舵補助力（アシスト力）を付与する電動パワーステアリング装置（EPS:Electric Power Steering）に適用した場合の構成例を説明する。ただし本発明は、電動パワーステアリング装置に適用される回転角検出装置に限定されず、モータ回転軸の回転に応じた信号を出力する少なくとも2つのセンサを備える回転角検出装置に広く適用可能である。

[0012] 図1を参照する。操向ハンドル1のコラム軸（操舵軸）2*i*及び2*o*は、減速ギア3、ユニバーサルジョイント4*A*及び4*B*、ピニオンラック機構5を経て操向車輪のタイロッド6に連結されている。コラム軸の入力軸2*i*と出力軸2*o*とは、入力軸2*i*と出力軸2*o*との間の回転角のずれによってねじれるトーションバー（図示せず）によって連結されている。

[0013] トルクセンサ10は、トーションバーのねじれ角を、操向ハンドル1の操舵トルク*T_h*として電磁氣的に測定する。

また、コラム軸の出力軸2*o*には、操向ハンドル1の操舵力を補助するモータ20が減速ギア3を介して連結されている。

[0014] コントローラ40は、モータ20を駆動制御する電子制御ユニット（ECU:Electronic Control Unit）である。コントローラ40には、電源であるバッテリー14からバッテリー電源*V_{b a t}*が供給されると共に、電源スイッチであるイグニションキー11からイグニションキー信号*I_G*が入力される。

コントローラ40は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク*T_h*と車

速センサ 12 で検出された車速 V_h とに基づいて、アシストマップ等を用いてアシスト指令の操舵補助指令値の演算を行い、演算された操舵補助指令値に基づいてモータ 20 に駆動電流 I を供給する。

[0015] センサユニット 30 は、モータ 20 のモータ回転軸の回転に応じたセンサ信号を各々出力する 2 つのセンサを備える。

センサユニット 30 の 2 つのセンサは、各々独立してモータ回転軸の角度位置 θ ($\theta = 0 \sim 360$ [deg]) を検出し、一方のセンサからは振幅 A の第 1 正弦信号 $\sin 1 = A \times \sin \theta + \text{Voff}1$ 及び第 1 余弦信号 $\cos 1 = A \times \cos \theta + \text{Voff}1$ を、他方のセンサからは振幅 A の第 2 正弦信号 $\sin 2 = A \times \sin \theta + \text{Voff}2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2 = A \times \cos \theta + \text{Voff}2$ を、各々コントローラ 40 へ出力する。電圧 $\text{Voff}1$ 及び $\text{Voff}2$ は、オフセット電圧（すなわち、第 1 正弦信号 $\sin 1$ 、第 1 余弦信号 $\cos 1$ 、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の直流成分）である。第 1 正弦信号 $\sin 1$ 、第 1 余弦信号 $\cos 1$ 、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の一例を図 2 に示す。

コントローラ 40 は、第 1 正弦信号 $\sin 1$ 、第 1 余弦信号 $\cos 1$ 、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ に基づいてモータ 20 のモータ回転軸の回転角 θ_m を演算する。

[0016] コントローラ 40 は、モータ 20 のモータ回転軸の回転角 θ_m と減速ギア 3 のギア比 R_g とに基づいて、コラム軸の出力軸 2o の回転角 θ_o を演算する。コントローラ 40 は、回転角 θ_o と操舵トルク T_h に基づいて、コラム軸の入力軸 2i の回転角 θ_i 、すなわち操向ハンドル 1 の操舵角 θ_s を演算する。

[0017] このような構成の電動パワーステアリング装置において、操向ハンドル 1 から伝達された運転手のハンドル操作による操舵トルク T_h をトルクセンサ 10 で検出し、操舵トルク t_h 及び車速 V_h に基づいて算出される操舵補助指令値によってモータ 20 は駆動制御され、運転手のハンドル操作の補助力（操舵補助力）として操舵系に付与される。

[0018] 図3は、センサユニット30の一例の概略を示す分解図である。センサユニット30は、磁石31と、回路基板32とを備える。

磁石31は、モータ20のモータ回転軸21の出力端22と反対側の端部24に固定され、モータ回転軸21の周方向に沿って配列された異なる磁極（S極及びN極）を有している。

[0019] 回路基板32には、磁石31から生じた磁束を検出することにより、モータ20のモータ回転軸21の回転に応じた第1センサ信号及び第2センサ信号をそれぞれ出力する第1センサ33と第2センサ34を備える。

第1センサ33から出力される第1センサ信号は、第1正弦信号 $\sin 1$ 及び第1余弦信号 $\cos 1$ を含む。第2センサ34から出力される第2センサ信号は、第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ を含む。

[0020] 第1センサ33と第2センサ34は、例えば、磁束を検出するMRセンサ（例えばTMR（Tunnel Magneto Resistance）センサ）であってよい。

第1センサ33及び第2センサ34は、モータ回転軸21とともに回転する磁石31に近接して配置され、磁石31から発生する磁束を検出することにより、モータ回転軸21の回転に応じた第1正弦信号 $\sin 1$ 及び第1余弦信号 $\cos 1$ 、並びに第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ をそれぞれ生成する。

[0021] センサユニット30は、コントローラ40とは別体のユニットとして形成され、ハーネス35によりコントローラ40に接続される。コントローラ40は、第1センサ33及び第2センサ34をそれぞれ駆動する第1センサ電源 $V_s 1$ 及び第2センサ電源 $V_s 2$ を、ハーネス35を経由してセンサユニット30へ供給する。センサユニット30は、第1センサ信号及び第2センサ信号を、ハーネス35を経由してからコントローラ40へ出力する。ハーネス35の長さは例えば約10cmであってよい。

なお、センサユニット30とコントローラ40とを一体のユニットとして形成してもよい。この場合、第1センサ33及び第2センサ34をコントローラ40に直接内蔵し、コントローラ40をモータ20の出力端22と反対

側に装着してもよい。

[0022] なお、センサユニット30の構成は、図3に示す構成に限定されるものではない。センサユニット30の第1センサ33及び第2センサ34は、MRセンサ以外の種類のセンサであってもよい。第1センサ33は、モータ回転軸21の回転に応じた信号を出力するセンサであれば足りる。第2センサ34は、モータ回転軸21の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を出力するセンサであれば足りる。

[0023] 図4を参照して、コントローラ40の構成例を説明する。コントローラ40は、電源管理部50と、マイクロプロセッサ（MPU：Micro-Processing Unit）60を備える。

電源管理部50は、バッテリー14からバッテリー電源Vbatの供給を受けて、センサユニット30及びコントローラ40の電源管理を行う。電源管理部50は、単一の集積回路（IC：Integrated Circuit）チップとして実装されてよい。電源管理部50は、例えばパワーマネージメントIC（Power Management Integrated Circuit）であってよい。

[0024] 電源管理部50は、イグニションキー信号IGに基づいて、バッテリー14からの供給電力から、第1センサ33を駆動するための第1センサ電源Vs1と、第2センサ34を駆動するための第2センサ電源Vs2と、MPU60やコントローラ40のその他の構成部品（以下「MPU60等」と表記することがある）を駆動するための電源Vmと、を生成する。

第1センサ電源Vs1、第2センサ電源Vs2及び電源Vmの電圧は、例えば共通の電源電圧Vcc1（図示せず）であってよい。電源電圧Vcc1は、例えば5[V]であってよい。

[0025] 電源管理部50は、イグニションキー11がオンである間には第1センサ電源Vs1、第2センサ電源Vs2及び電源Vmを、それぞれ第1センサ33、第2センサ34及びMPU60等に供給する。

一方で、電源管理部50は、イグニションキー11がオフである間には、第1センサ33及びMPU60等への第1センサ電源Vs1及び電源Vmの

供給を停止する。第2センサ34には所定周期Tで間欠的に第2センサ電源 V_{s2} を供給する。イグニッションキー11がオフである間に供給する第2センサ電源 V_{s2} の電圧は、イグニッションキー11がオンである間の電圧 V_{cc1} より低くしてもよい。

[0026] また、電源管理部50は、第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ に基づいてモータ回転軸21の回転数を検出し、回転数を表す回転数情報を生成する。回転数情報は、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号の変化を計数した正弦カウント値CNT_sと、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号の変化を計数した余弦カウント値CNT_cを含む。正弦カウント値CNT_sと余弦カウント値CNT_cは、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号と第2余弦信号 $\cos 2$ の符号の組合せによって変化する。電源管理部50の詳細は後述する。

[0027] MPU60は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h と車速センサ12で検出された車速 V_h とに基づいて、アシストマップ等を用いてアシスト指令の操舵補助指令値の演算を行い、モータ20の駆動電流Iを制御する。

また、MPU60は、第1正弦信号 $\sin 1$ 及び第1余弦信号 $\cos 1$ に基づいて、モータ回転軸21の角度位置を表す角度位置情報 $\theta 1$ を算出する。角度位置情報 $\theta 1$ は、モータ回転軸21の1回転の角度範囲内における角度位置を表す($\theta 1 = 0 \sim 360$ [deg])。

MPU60は、電源管理部50が生成した回転数情報(正弦カウント値CNT_s及び余弦カウント値CNT_c)と角度位置情報 $\theta 1$ に基づいて、モータ回転軸21の回転角を表す回転角情報 θ_m を算出する。回転角情報 θ_m は、モータ回転軸21の1回転以上のマルチターンの角度範囲における回転角を表す。

[0028] 具体的には、イグニッションキー11がオフである間、MPU60への電源 V_m の供給が停止するので、MPU60は動作を停止する。

イグニッションキー11がオフからオンになった時点で、MPU60は、電源管理部50から回転数情報を読み出し、回転数情報と角度位置情報 $\theta 1$ に

基づいて回転角情報 θ_m を算出する。

イグニッションキー 11 がオンである間、MPU60 は、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点以降の角度位置情報 θ_1 の角度変化を、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点に算出した回転角情報 θ_m に累積して、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点以降の回転角情報 θ_m を算出する。

[0029] MPU60 は、回転角情報 θ_m に減速ギア 3 のギア比 R_g を乗じて、コラム軸の出力軸 2o の回転角 θ_o を算出する。また、トルクセンサ 10 が検出した操舵トルク T_h に基づいて、コラム軸に設けられたトーションバーのねじれ角 θ_t を算出し、出力軸 2o の回転角 θ_o にねじれ角 θ_t を加算してコラム軸の入力軸 2i の回転角 θ_i (操向ハンドル 1 の操舵角 θ_s) を算出する。

[0030] コントローラ 40 は、出力軸 2o の回転角 θ_o や入力軸 2i の回転角 θ_i の回転角情報に基づいて、モータ 20 により出力軸 2o に付与する操舵補助力を制御してもよい。例えば、コントローラ 40 は、回転角情報に基づいてコラム軸が端当て状態であるか否かを判定してよい。コラム軸が端当て状態である場合には、コントローラ 40 は、モータ 20 の駆動電流 I を制限して、操舵補助力を低減するように補正してもよい。また、コントローラ 40 は、入力軸 2i の回転角 θ_i の回転角情報を、入力軸 2i が中立位置であるか否かの判定に用いてもよい。

[0031] また例えば、コントローラ 40 は、回転角情報に基づいて操向ハンドル 1 が切り増し状態であるか切り戻し状態であるかを判定してもよい。例えばコントローラ 40 は、コラム軸の回転角とその変化方向に基づいて、切り増し状態であるか切り戻し状態であるかを判定してもよい。またコントローラ 40 は、コラム軸の回転角と操舵トルク T_h にもとづいて、切り増し状態であるか切り戻し状態であるかを判定してもよい。

コントローラ 40 は、切り増し状態である場合には駆動電流 I を増加補正して操舵補助力を増大させ、切り戻し状態である場合には駆動電流 I を減少

補正して操舵補助力を減少させてもよい。MPU60の詳細は、さらに後述する。

[0032] 次に、図5を参照して電源管理部50の機能構成の一例を説明する。電源管理部50は、レギュレータ51と、第1電源供給部52と、第2電源供給部53と、第3電源供給部54と、電源制御部56と、回転数検出部58を備える。

レギュレータ51、第1電源供給部52、第2電源供給部53、第3電源供給部54及び電源制御部56は、特許請求の範囲に記載の「電源供給部」の一例である。

[0033] レギュレータ51は、バッテリー電源Vbatから所定電圧のレギュレータ電源VRを発生させる。レギュレータ電源VRの電圧は例えば6Vである。第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54は、レギュレータ電源VRから電源Vm、第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2をそれぞれ発生させる。

電源Vm及び第1センサ電源Vs1を共通化して、第1電源供給部52及び第2電源供給部53を単一の電源供給部としてもよい。すなわち、第1センサ33とMPU60等は、1つ又は複数の電源供給部から電源を供給されてもよい。

[0034] 電源制御部56は、イグニッションキー信号IGに基づいて、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54へ、それぞれ制御信号Sc1、Sc2及びSc3を出力し、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54を制御する。

イグニッションキー11がオンである間、電源制御部56は、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54に、電源Vm、第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2をそれぞれ発生させる。第1電源供給部52は、連続的に電源VmをMPU60等に供給する。第2電源供給部53は、連続的に第1センサ電源Vs1を第1センサ33に供給する。第3電源供給部54は、連続的に第2センサ電源Vs2を第2センサ34及び

回転数検出部 58 に供給する。したがって、MPU 60 等、第 1 センサ 33、第 2 センサ 34 及び回転数検出部 58 は連続して動作する。

[0035] イグニッションキー 11 がオフである間、電源制御部 56 は、第 1 電源供給部 52 及び第 2 電源供給部 53 を停止する。すなわち、電源 V_m 及び第 1 センサ電源 V_{s1} の発生を停止させる。これにより、第 1 センサ 33 への第 1 センサ電源 V_{s1} の供給と、MPU 60 等への電源 V_m の供給が止まり、第 1 センサ 33 及び MPU 60 等の動作が停止する。

一方で、電源制御部 56 は、第 3 電源供給部 54 に、所定周期 T で第 2 センサ電源 V_{s2} を間欠的に発生させる。これにより、第 2 センサ電源 V_{s2} が間欠的に第 2 センサ 34 及び回転数検出部 58 に供給される。第 2 センサ 34 及び回転数検出部 58 は所定周期 T で間欠的に動作する。電源制御部 56 は、イグニッションキー 11 がオフである間の第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧を、イグニッションキー 11 がオンである間よりも低くなるように設定してもよい。

[0036] 回転数検出部 58 は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ に基づいて、モータ回転軸 21 の回転数を検出し、回転数を表す回転数情報（すなわち正弦カウンタ値 CNT_s 及び余弦カウンタ値 CNT_c ）を生成する。

回転数検出部 58 は、第 1 コンパレータ 58a と、第 2 コンパレータ 58b と、正弦カウンタ 58c と余弦カウンタ 58d を備える。

[0037] 第 1 コンパレータ 58a は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ と閾値電圧 V_r とを比較して、第 2 正弦信号 $\sin 2$ の正負の符号を示す符号信号 C_s を生成する。符号信号 C_s は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ が閾値電圧 V_r 以上である場合に値「1」を有し、第 2 正弦信号 $\sin 2$ が閾値電圧 V_r 未満である場合に値「0」を有する。

第 2 コンパレータ 58b は、第 2 余弦信号 $\cos 2$ と閾値電圧 V_r とを比較して、第 2 余弦信号 $\cos 2$ の正負の符号を示す符号信号 C_c を生成する。符号信号 C_c は、第 2 余弦信号 $\cos 2$ が閾値電圧 V_r 以上である場合に

値「1」を有し、第2余弦信号 $\cos 2$ が閾値電圧 V_r 未満である場合に値「0」を有する。

第2正弦信号 $\sin 2$ と第2余弦信号 $\cos 2$ は、直流オフセット成分 $V_{off 2}$ を有するので、例えば、閾値電圧 V_r をオフセット電圧 $V_{off 2}$ に設定してよい。

これら符号信号 C_s 及び C_c は、正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dに入力される。

[0038] 図6(a)及び図6(b)を参照する。図6(a)の破線の波形は第2正弦信号 $\sin 2$ を、実線の波形は第2余弦信号 $\cos 2$ の例を示す。

実施形態の第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ の振幅 A は、第2センサ電源 $V_{s 2}$ の電圧の2分の1（すなわち $V_{s 2}/2$ ）であり、直流成分が第2センサ電源 $V_{s 2}$ の電圧の2分の1だけオフセットされ、0[V]～第2センサ電源 $V_{s 2}$ の電圧（すなわち $V_{s 2}$ ）までの範囲で変化する。したがって、閾値電圧 V_r を第2センサ電源 $V_{s 2}$ の電圧の2分の1（すなわち $V_{s 2}/2$ ）に設定する。

[0039] 第1コンパレータ58aから出力される第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s は、モータ回転軸21の角度位置が0[deg]から180[deg]までの範囲で値「1」を有し、180[deg]から360[deg]までの範囲で値「0」を有する。

第2コンパレータ58bから出力される第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c は、モータ回転軸21の角度位置が0[deg]から90[deg]まで及び270[deg]～360[deg]までの範囲で値「1」を有し、90[deg]から270[deg]までの範囲で値「0」を有する。

[0040] 図5を参照する。正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dは、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s と第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c に基づいて、第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ の符号の組み合わせの変化を計数し、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c をそれぞれ算出する。

図6(c)及び図6(d)を参照する。正弦カウンタ58cは、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号が変化する回数を計数した正弦カウント値CNTsを算出し、余弦カウンタ58dは、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号が変化する回数を計数した余弦カウント値CNTcを算出する。正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dは、算出した正弦カウント値CNTsと余弦カウント値CNTcを、例えば不揮発性メモリ(図示せず)に記憶する。

[0041] 具体的には、正弦カウンタ58cは、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccが値「1」を有する間に、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csの値が「0」から「1」に変化すると、正弦カウント値CNTsを1つ増加させ、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csの値が「1」から「0」に変化すると、正弦カウント値CNTsを1つ減少させる。

また、正弦カウンタ58cは、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccが値「0」を有する間に、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csの値が「1」から「0」に変化すると、正弦カウント値CNTsを1つ増加させ、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csの値が「0」から「1」に変化すると、正弦カウント値CNTsを1つ減少させる。

[0042] 余弦カウンタ58dは、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csが値「0」を有する間に、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccの値が「0」から「1」に変化すると、余弦カウント値CNTcを1つ増加させ、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccの値が「1」から「0」に変化すると、余弦カウント値CNTcを1つ減少させる。

また、余弦カウンタ58dは、第2正弦信号 $\sin 2$ の符号信号Csが値「1」を有する間に、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccの値が「1」から「0」に変化すると、余弦カウント値CNTcを1つ増加させ、第2余弦信号 $\cos 2$ の符号信号Ccの値が「0」から「1」に変化すると、余弦カウント値CNTcを1つ減少させる。

[0043] これにより、モータ回転軸21が1回転すると正弦カウント値CNTs及び余弦カウント値CNTcは、回転方向に応じて各々2つ増減する。このた

め、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c の和（以下「カウント合計値 CNT 」と表記することがある）は、図6（e）に示すように、モータ回転軸21が1回転する度に回転方向に応じて4つ増減する。したがって正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c の組合せやカウント合計値 CNT は、4分の1回転単位の回転数を表す。このため正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c の組合せやカウント合計値 CNT は、モータ回転軸21の角度位置が、モータ回転軸21の回転範囲を4分割した4象限のいずれに属するかを示す。

なお、本実施形態の正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c は例示であり、本発明の回転数情報は、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c に限定されない。回転数情報は、 n を2以上の自然数として n 分の1回転単位の回転数を表す回転数情報であればよい。

[0044] 次に、図7を参照してMPU60の機能構成の一例を説明する。MPU60は、角度位置算出部61と、カウント合計部62と、回転数情報補正部63と、回転数算出部64と、ねじれ角算出部65と、回転角情報算出部66と、診断部67と、アシスト制御部68を備える。

角度位置算出部61、カウント合計部62、回転数情報補正部63、回転数算出部64、ねじれ角算出部65、回転角情報算出部66、診断部67、及びアシスト制御部68の機能は、MPU60やコントローラ40が有する記憶装置（例えば不揮発性メモリなど）に格納されたプログラムをMPU60が実行することによって実現される。

回転角情報算出部66は、特許請求の範囲に記載の「回転角算出部」及び「操舵角算出部」の一例である。アシスト制御部68は、特許請求の範囲に記載の「モータ制御部」の一例である。

[0045] 角度位置算出部61は、第1正弦信号 $\sin 1$ 及び第1余弦信号 $\cos 1$ を入力し、これらの信号に含まれる誤差（オフセット、振幅差、位相差など）を補償する。図8（a）は、第1正弦信号 $\sin 1$ 及び第1余弦信号 $\cos 1$ の一例を示す。角度位置算出部61は、誤差を補償した後の第1正弦信

号 $\sin 1$ 及び第 1 余弦信号 $\cos 1$ に基づいて、モータ回転軸 21 の 1 回転の角度範囲内における角度位置を表す角度位置情報 $\theta 1$ を算出する ($\theta 1 = 0 \sim 360$ [deg])。角度位置情報 $\theta 1$ の一例を図 8 (b) に示す。

例えば角度位置算出部 61 は、第 1 正弦信号 $\sin 1$ 及び第 1 余弦信号 $\cos 1$ の和 ($\cos 1 + \sin 1$) と差 ($\cos 1 - \sin 1$) とに基づいて、角度位置情報 $\theta 1$ を算出してよい。

同様に、角度位置算出部 61 は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ を入力し、誤差を補償して、モータ回転軸 21 の 1 回転の角度範囲内における角度位置を表す角度位置情報 $\theta 2$ を算出する ($\theta 2 = 0 \sim 360$ [deg])。

[0046] 図 7 を参照する。カウント合計部 62 は、MPU 60 への電源 V_m の供給が開始した時点（すなわちイグニッションキー 11 がオフからオンになった時点）で、電源管理部 50 の正弦カウンタ 58c 及び余弦カウンタ 58d から、それぞれ正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c を読み出す。カウント合計部 62 は、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c を加算して、図 6 (e) に示すようなカウント合計値 CNT を算出する。

[0047] ここで、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ に含まれる誤差や、コンパレータの閾値電圧 V_r の誤差により、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c に誤差が生じることがある。この結果、カウント合計値 CNT にも誤差が生じることがある。

図 7 を参照する。回転数情報補正部 63 は、角度位置情報 $\theta 1$ に基づいてカウント合計値 CNT を補正して、カウント合計値 CNT に生じた誤差を補償する。回転数情報補正部 63 は、誤差が補償された補正済カウント合計値 CNT_a を出力する。回転数情報補正部 63 の詳細は後述する。

[0048] 回転数算出部 64 は、補正済カウント合計値 CNT_a を、自然数 n で除算した商をモータ回転軸 21 の回転数 N_r として算出する。自然数 n は、モータ回転軸 21 の 1 回転当たりのカウント合計値 CNT の増減数であり、本実

施形態では自然数 n は「4」である。回転数 N_r の一例を図 8 (c) に示す。

ねじれ角算出部 65 は、トルクセンサ 10 が検出した操舵トルク T_h に基づいて、コラム軸に設けられたトーションバーのねじれ角 θ_t を算出する。

[0049] 図 7 を参照する。回転角情報算出部 66 は、MPU 60 への電源 V_m の供給が開始した時点（すなわちイグニッションキー 11 がオフからオンになった時点）で、回転数算出部 64 が算出した回転数 N_r と、角度位置算出部 61 が算出した角度位置情報 θ_1 に基づいて、モータ回転軸 21 の 1 回転以上のマルチターンの角度範囲における回転角情報 θ_m を算出する。

回転角情報算出部 66 は、乗算器 66a 及び加算器 66b により回転角情報 $\theta_m = (360 [\text{deg}] \times \text{回転数 } N_r) + \text{角度位置情報 } \theta_1$ を算出する。回転角情報 θ_m の一例を図 8 (d) に示す。

[0050] その後、イグニッションキー 11 がオンである間、回転角情報算出部 66 は、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点以降の角度位置情報 θ_1 の角度変化を、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点に算出した回転角情報 θ_m に累積して、イグニッションキー 11 がオフからオンになった時点以降の回転角情報 θ_m を算出する。

[0051] 図 7 を参照する。乗算器 66c は、回転角情報 θ_m に減速ギア 3 のギア比 R_g を乗じて、コラム軸の出力軸 2o の回転角 θ_o を算出する。加算器 66d は、回転角 θ_o にトーションバーのねじれ角 θ_t を加算してコラム軸の入力軸 2i の回転角 θ_i （操向ハンドル 1 の操舵角 θ_s ）を算出する。回転角情報算出部 66 は、回転角 θ_o 及び回転角 θ_i の回転角情報を出力する。

出力軸 2o の回転角 θ_o や入力軸 2i の回転角 θ_i の回転角情報は、コントローラ 40 において、コラム軸が端当て状態であるか否かの判定や、操向ハンドル 1 が切り増し状態であるか切り戻し状態であるかの判定に用いることができる。コントローラ 40 は、これらの判定結果に基づいて、モータ 20 により出力軸 2o に付与する操舵補助力を制御してもよい。また、入力軸 2i の回転角 θ_i の回転角情報は、入力軸 2i が中立位置であるか否かの判

定に用いてもよい。

[0052] 診断部67は、第1正弦信号 s_{in1} 及び第1余弦信号 c_{os1} に基づいて算出した角度位置情報 θ_1 と、第2正弦信号 s_{in2} 及び第2余弦信号 c_{os2} に基づいて算出した角度位置情報 θ_2 とを比較して、第1センサ33又は第2センサ34に生じた異常を判定する。例えば、角度位置情報 θ_1 と角度位置情報 θ_2 との差分が閾値以上である場合に、第1センサ33又は第2センサ34に異常が生じたと判定する。

また、診断部67は、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c との差に基づいて、第2センサ34又は回転数検出部58に生じた異常を判定する。例えば、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c との差が2以上である場合に、第2センサ34又は回転数検出部58に異常が生じたと判定する。

診断部67は、判定結果を示す診断信号 S_d をアシスト制御部68に出力する。

[0053] アシスト制御部68は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h と車速センサ12で検出された車速 V_h とに基づいてモータ20の駆動電流 I を制御する。

図9に、アシスト制御部68の機能構成の一例を示す。トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h 及び車速センサ12で検出された車速 V_h は、電流指令値 I_{ref1} を演算する電流指令値演算部71に入力される。電流指令値演算部71は、入力された操舵トルク T_h 及び車速 V_h に基づいてアシストマップ等を用いて、モータ20に供給する電流の制御目標値である電流指令値 I_{ref1} を演算する。

[0054] 電流指令値 I_{ref1} は加算部72Aを経て電流制限部73に入力され、最大電流を制限された電流指令値 I_{refm} が減算部72Bに入力され、フィードバックされているモータ電流値 I_m との偏差 ΔI ($= I_{refm} - I_m$) が演算され、その偏差 ΔI が操舵動作の特性改善のためのPI (比例積分) 制御部75に入力される。PI制御部75で特性改善された電圧制御指

令値 V_{ref} が PWM 制御部 76 に入力され、更に駆動部としてのインバータ 77 を介してモータ 20 が PWM 駆動される。モータ 20 の電流値 I_m はモータ電流検出器 78 で検出され、減算部 72B にフィードバックされる。

[0055] 加算部 72A には補償信号生成部 74 からの補償信号 CM が加算されており、補償信号 CM の加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部 74 は、セルフライニングトルク (SAT) 74-3 と慣性 74-2 を加算部 74-4 で加算し、その加算結果に更に収れん性 74-1 を加算部 74-5 で加算し、加算部 74-5 の加算結果を補償信号 CM としている。

図 7 を参照する。アシスト制御部 68 は、診断部 67 から出力された診断信号 S_d に基づいて異常の発生を検出した場合に、モータ 20 の駆動停止や警報出力などの所定の異常対応処理を行う。

[0056] 次に、回転数情報補正部 63 について説明する。上述のとおり、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ に含まれる誤差やコンパレータの閾値電圧 V_r の誤差によって、回転数算出部 64 から出力されるカウント合計値 CNT に誤差を生じることがある。

以下、コンパレータの閾値電圧 V_r に誤差がある場合を例示して、カウント合計値 CNT により生じる誤差を説明する。

[0057] 図 10 (a) に、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ と、第 1 コンパレータ 58a 及び第 2 コンパレータ 58b の閾値電圧 V_r の例を示す。破線が第 2 正弦信号 $\sin 2$ を示し、実線が第 2 余弦信号 $\cos 2$ を示し、2 点鎖線が第 1 コンパレータ 58a で第 2 正弦信号 $\sin 2$ と比較される閾値電圧 V_r を示し、1 点鎖線が第 2 コンパレータ 58b で第 2 余弦信号 $\cos 2$ と比較される閾値電圧 V_r を示す。

この例では、第 2 正弦信号 $\sin 2$ と比較される閾値電圧 V_r (2 点鎖線) が設計値 (理想値) よりも低くなっている。

[0058] この結果、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c は、図 10 (b) に示すようになる。破線が正弦カウント値 CNT_s を示し、実線が

余弦カウント値 CNT_c を示す。

図示するとおり、モータ回転角度が 180 、 360 、 540 、 720 、 900 、 1080 、 $\dots$ [deg] の時に生じるべき正弦カウント値 CNT_s の立ち上がり（立ち下がり）タイミングにずれが発生している。

[0059] この結果、図 10 (c) に示すようにカウント合計値 CNT の立ち上がり（立ち下がり）タイミングにもずれが生じる。1 点鎖線の囲み線で示すように、モータ回転角度が 180 、 360 、 540 、 720 、 900 、 1080 、 $\dots$ [deg] の時に生じるべきカウント合計値 CNT の立ち上がり（立ち下がり）タイミングがずれている。

このように、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ に含まれる誤差やコンパレータの閾値電圧 V_r の誤差は、カウント合計値 CNT の立ち上がり（立ち下がり）タイミングのずれという形で、カウント合計値 CNT に誤差を生じる。

[0060] カウント合計値 CNT の立ち上がり（立ち下がり）タイミングがずれると、図 11 (a) に示すように、回転数算出部 64 が算出するモータ回転数 N_r の立ち上がりタイミング（立ち下がり）が本来のタイミングからずれる。

このモータ回転数 N_r を用いて回転角情報 θ_m を算出すると、図 11 (b) に示すように、1 点鎖線で囲まれた箇所において回転数を誤ってしまい、回転角情報 θ_m に誤差を生じてしまう。

[0061] そこで、回転数情報補正部 63 は、図 10 (c) に示したカウント合計値 CNT の立ち上がり（立ち下がり）タイミングのずれを補正する。

図 12 を参照する。回転数情報補正部 63 は、第 1 象限情報算出部 63 a と、第 2 象限情報算出部 63 b と、象限比較部 63 c と、補正部 63 d を備える。

[0062] 第 1 象限情報算出部 63 a は、角度位置情報 θ_1 に基づいて、モータ回転軸 21 の回転範囲を、上記の自然数 n で分割した象限のいずれに、モータ回転軸 21 の角度位置が属するかを示す第 1 象限情報 Q_1 を算出する。

第 2 象限情報算出部 63 b は、回転数情報であるカウント合計値 CNT に

基づいて、上記の自然数 n で分割した象限のいずれにモータ回転軸 21 の角度位置が属するかを示す第 2 象限情報 Q_2 を算出する。

[0063] 上述の通り、自然数 n は、モータ回転軸 21 の 1 回転当たりのカウント合計値 CNT の増減数であり、本実施形態では自然数 n は「4」である。第 1 象限情報 Q_1 及び第 2 象限情報 Q_2 は、第 1 象限、第 2 象限、第 3 象限及び第 4 象限のいずれにモータ回転軸 21 の角度位置が属するかを示す。

第 1 象限情報算出部 63a は、角度位置情報 θ_1 が第 1 象限～第 n 象限の各々の角度範囲の何れかに属するかを閾値判定することによって、第 1 象限情報 Q_1 を算出してよい。

第 2 象限情報算出部 63b は、カウント合計値 CNT を自然数 n で除算したときの剰余（モジュロ： $CNT \bmod n$ ）を、第 2 象限情報 Q_2 として算出してよい。

[0064] 図 13（a）に第 1 象限情報 Q_1 及び第 2 象限情報 Q_2 の一例を示す。実線は第 1 象限情報 Q_1 を示し、破線は第 2 象限情報 Q_2 を示す。図 10（c）に示すカウント合計値 CNT の上がり（立ち下がり）タイミングのずれにより、1 点鎖線で囲まれた箇所において、第 1 象限情報 Q_1 と第 2 象限情報 Q_2 に差が発生している。

[0065] 図 12 を参照する。象限比較部 63c は、第 1 象限情報 Q_1 と第 2 象限情報 Q_2 とを比較した比較結果を示す象限差を出力する。

例えば象限比較部 63c は、次式（1）のとおり第 2 象限情報 Q_2 が象限を表す数から、第 1 象限情報 Q_1 が象限を表す数を減算した差を象限差として算出してよい。

$$\text{象限差} = Q_2 - Q_1 \quad \cdots (1)$$

但し、第 2 象限情報 Q_2 が第 1 象限を示し且つ第 1 象限情報 Q_1 が第 4 象限を示す場合には、次式（2）のとおり減算結果に 4（すなわち自然数 n ）を加えた和を象限差として算出する。

$$\text{象限差} = Q_2 - Q_1 + 4, \quad \text{但し } Q_1 = \text{第 4 象限}, Q_2 = \text{第 1 象限} \quad \cdots (2)$$

また、第2象限情報Q2が第4象限を示し且つ第1象限情報Q1が第1象限を示す場合には、次式(3)のとおり減算結果から4(すなわち自然数n)を減じた差を象限差として算出する。

$$\text{象限差} = Q2 - Q1 - 4, \quad \text{但し } Q1 = \text{第1象限、} Q2 = \text{第4象限} \quad \cdots (3)$$

図13(b)に、象限差の一例を示す。図13(a)の第1象限情報Q1と第2象限情報Q2に応じて、象限差は「1」、「0」、「-1」のいずれかの値を有する。

[0066] 図12を参照する。補正部63dは、象限比較部63cが出力した象限差に応じて、カウント合計値CNTを補正し、補正済カウント合計値CNTaを算出する。

例えば補正部63dは、カウント合計値CNTから象限差を減算した差を、補正済カウント合計値CNTaとして算出する。

図13(c)は、図10(c)のカウント合計値CNTから図13(b)の象限差を減じて算出した補正済カウント合計値CNTaを示す。

[0067] 図10(c)と図13(c)を比較すると、モータ回転角度が180、360、540、720、900、1080、…[deg]の時の立ち上がり(立ち下がり)タイミングのずれが補正されている。

補正済カウント合計値CNTaに基づいてモータ回転数Nrを算出すると、図13(d)に示すようになる。図13(d)のモータ回転数Nrは、図8(c)のモータ回転数Nrと同様の結果となり、誤差が補正されていることが分かる。

[0068] (動作)

次に、実施形態のモータ制御装置の動作について説明する。

(1) イグニッションキーがオフの期間

電源管理部50の電源制御部56は、第1電源供給部52及び第2電源供給部53を停止し、第3電源供給部54のみを動作させる。この際に電源制御部56は、第3電源供給部54に、所定周期Tで第2センサ電源Vs2を

間欠的に発生させる。

第2センサ電源 V_s2 が間欠的に第2センサ34及び回転数検出部58に供給される。第2センサ34及び回転数検出部58は所定周期 T で間欠的に動作する。

[0069] 回転数検出部58が動作する期間に、正弦カウンタ58cは、第1コンパレータ58aの出力に応じて正弦カウント値 CNT_s をインクリメント又はデクリメントする。余弦カウンタ58dは、第2コンパレータ58bの出力に応じて余弦カウント値 CNT_c をインクリメント又はデクリメントする。

このように、イグニッションキー11がオフの間では、電源管理部50と第2センサ34のみが動作を継続し、その他のMPU60等や第1センサ33は動作を停止している。

[0070] (2) イグニッションキーがオフからオンになった時点

電源制御部56は、第1電源供給部52及び第2電源供給部53の動作を開始する。また、電源制御部56は、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54に、電源 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 、第2センサ電源 V_{s2} を連続的に発生させる。電源 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 、第2センサ電源 V_{s2} は、MPU60等、第1センサ33、第2センサ34及び回転数検出部58に連続して供給され始める。これにより、イグニッションキー11がオンである期間、MPU60等、第1センサ33、第2センサ34及び回転数検出部58は連続して動作する。

[0071] MPU60のカウント合計部62は、イグニッションキー11がオフからオンになった時点で、正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dから、それぞれ正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c を読み出して、カウント合計値 CNT を算出する。

回転数情報補正部63は、カウント合計値 CNT を補正して補正済カウント合計値 CNT_a を出力し、回転数算出部64は、補正済カウント合計値 CNT_a から、モータ回転軸21の回転数 N_r を算出する。

角度位置算出部61は角度位置情報 θ_1 を算出し、回転角情報算出部66

は、回転数 N_r と角度位置情報 θ_1 に基づいて、モータ回転軸21の回転角情報 θ_m を算出する。

[0072] (3) イグニッションキーがオンの期間

電源制御部56は、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54を動作させ、電源 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 、第2センサ電源 V_{s2} を連続的に発生させる。MPU60等、第1センサ33、第2センサ34及び回転数検出部58は連続して動作する。

[0073] 回転数検出部58は、第1コンパレータ58a及び第2コンパレータ58bの出力を定期的に計測して、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c をインクリメント又はデクリメントすることにより、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c （すなわちモータ回転数の現在値）を保持し続ける。

角度位置算出部61は角度位置情報 θ_1 を算出する。回転角情報算出部66は、イグニッションキー11がオフからオンになった時点以降の角度位置情報 θ_1 の角度変化を、イグニッションキー11がオフからオンになった時点に算出した回転角情報 θ_m に累積して、イグニッションキー11がオフからオンになった時点以降の回転角情報 θ_m を算出する。

[0074] 回転角情報算出部66は、回転角情報 θ_m と、減速ギア3のギア比 R_g と、トーションバーのねじれ角 θ_t に基づいて、コラム軸の出力軸2oの回転角 θ_o と、入力軸2iの回転角 θ_i を算出する。

アシスト制御部68は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h と車速センサ12で検出された車速 V_h とに基づいてモータ20の駆動電流 I を制御する。

[0075] 診断部67は、角度位置情報 θ_1 と角度位置情報 θ_2 とを比較して、第1センサ33又は第2センサ34に生じた異常を判定する。

また、診断部67は、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c との差に基づいて、第2センサ34又は回転数検出部58に生じた異常を判定する。

アシスト制御部 68 は、診断部 67 から出力された診断信号 S d に基づいて異常の発生を検出した場合に、モータ 20 の駆動停止や警報出力などの所定の異常対応処理を行う。

[0076] (第 1 実施形態の効果)

(1) 第 1 センサ 33 及び第 2 センサ 34 は、モータ 20 のモータ回転軸 21 の回転に応じた第 1 センサ信号及び第 2 センサ信号をそれぞれ出力する。角度位置算出部 61 は、第 1 センサ信号に基づいてモータ回転軸 21 の角度位置を表す角度位置情報を算出する。回転数検出部 58 は、第 2 センサ信号に基づいてモータ回転軸 21 の回転数を検出し回転数を表す回転数情報を出力する。回転角情報算出部 66 は、角度位置情報と回転数情報に基づいてモータ回転軸 21 の回転角を表す回転角情報を算出する。

[0077] レギュレータ 51、第 1 電源供給部 52、第 2 電源供給部 53、第 3 電源供給部 54 及び電源制御部 56 は、電源スイッチがオンの場合に、第 1 センサ 33、第 2 センサ 34、角度位置算出部 61、回転数検出部 58 及び回転角情報算出部 66 へ電源を供給し、電源スイッチがオフの場合に、第 1 センサ 33、角度位置算出部 61 及び回転角情報算出部 66 への電源供給を停止し、第 2 センサ 34 及び回転数検出部 58 へ電源を供給する。

[0078] これにより、電源スイッチがオフの期間において、第 1 センサ 33、及びその出力信号を処理する角度位置算出部 61 及び回転角情報算出部 66 における電力消費を停止することができる。このため、電源スイッチがオフである期間の消費電力を低減できる。

[0079] (2) 回転数検出部 58 は、電源スイッチがオフである間にモータ回転軸 21 の回転数の検出を継続してよい。回転角情報算出部 66 は、電源スイッチがオフからオンになった時点で回転数検出部 58 が出力する回転数情報と角度位置算出部 61 が算出する角度位置情報とに基づいて、回転角情報を算出してよい。

これにより、電源スイッチがオフである期間に、外力等によりモータ回転軸 21 が回されても、電源スイッチがオフからオンになった時点で、マルチ

ターンの角度範囲におけるモータ回転軸 21 の回転角を算出できる。

[0080] (3) 第 1 象限情報算出部 63 a は、角度位置情報に基づいて、モータ回転軸 21 の回転範囲を n 分割した象限のいずれにモータ回転軸 21 の角度位置が属するかを示す第 1 象限情報を算出する (n は 2 以上の自然数)。第 2 象限情報算出部 63 b は、 n 分の 1 回転単位の回転数を表す回転数情報に基づいて、モータ回転軸 21 の回転範囲を n 分割した象限のいずれにモータ回転軸 21 の角度位置が属するかを示す第 2 象限情報を算出する。補正部 63 d は、第 1 象限情報と第 2 象限情報との比較結果に応じて回転数情報を補正する。

補正部 63 d は、第 2 象限情報から第 1 象限情報を減じた差分を回転数情報から減じることにより回転数情報を補正してよい。

これにより、第 2 センサ信号に基づいて算出した回転数情報に誤差が発生しても、第 1 センサ信号に基づいて算出した角度位置情報に基づいて、回転数情報の誤差を補正できる。その結果、回転角情報の精度を向上できる。

[0081] (4) 上記自然数 n は 4 であり、第 2 センサ信号は、モータ回転軸 21 の回転に応じた第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ であり、回転数検出部 58 は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号の組み合わせの変化に基づいて回転数を検出してよい。

これにより、モータ回転軸 21 の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を出力するセンサを用いて、4 分の 1 回転単位の回転数を表す回転数を検出できる。

[0082] (5) また、実施形態の電動パワーステアリング装置は、車両の操舵軸に設けられたトーションバーを介して連結された入力軸 2 i と出力軸 2 o との捩れ角に基づいて操舵軸に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサ 10、出力軸 2 o に減速ギア 3 を介して連結され操舵軸に操舵補助力を付与するモータ 20 と、モータ 20 のモータ回転軸 21 の回転角情報を算出する回転角情報算出部 66 と、操舵トルクに基づいてモータ 20 を駆動制御するアシスト制御部 68 を備える。回転角情報算出部 66 は、捩れ角と、減速ギア 3 の

減速比と、回転角情報とに基づいて入力軸 2 i の操舵角を算出する。

これにより、操舵軸の操舵角を検出する角度センサを設けることなく、モータ 20 のモータ回転軸 21 の回転角情報を用いて、操舵軸の操舵角を検出できる。例えば、モータ 20 により操舵軸に付与する操舵補助力を、回転角情報算出部 66 が算出した操舵角に基づいて制御してもよい。

[0083] (第2実施形態)

次に、第2実施形態の電源管理部 50 を説明する。第2実施形態の電源管理部 50 は、第1センサ電源 V_{s1} 、第2センサ電源 V_{s2} と、及び電源 V_m に加えて、電源管理部 50 内部のデジタル論理回路を駆動するための内部電源 V_p (図 14 参照) を、イグニッションキー信号 I_G に基づいて、バッテリ 14 からの供給電力から生成する。

イグニッションキー 11 がオンである間、電源管理部 50 は、第1実施形態と同様に電源 V_m を MPU 60 等に供給する。

[0084] また、イグニッションキー 11 がオンである間に電源管理部 50 は、第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} を第1センサ 33 及び第2センサ 34 にそれぞれ供給する。イグニッションキー 11 がオンである間の第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} の電圧は、例えば共通の電源電圧 V_{cc1} (例えば $V_{cc1} = 5$ [V]) であってよい。

また、電源管理部 50 は、イグニッションキー 11 がオンであるかオフであるかに関わらず、電源管理部 50 内部の論理回路に連続的に内部電源 V_p を供給する。

[0085] 一方で、電源管理部 50 は、イグニッションキー 11 がオフである間には、第1センサ 33 及び MPU 60 等への第1センサ電源 V_{s1} 及び電源 V_m の供給を停止する。第2センサ 34 には間欠的に第2センサ電源 V_{s2} を供給する。

例えば、イグニッションキー 11 がオフである間に間欠的に供給される第2センサ電源 V_{s2} の電圧は、電源電圧 V_{cc1} より低い電源電圧 V_{cc2} であってよい。例えば電源電圧 V_{cc2} は 3.3 [V] であってよい。

[0086] 図6(a)及び図6(b)を参照する。上記のとおり、閾値電圧 V_r は第2センサ電源 V_{s2} の電圧の2分の1(すなわち $V_{s2}/2$)に設定されている。したがって、例えば、イグニッションキー11がオンであり第2センサ電源 V_{s2} が5[V]である場合に閾値電圧 V_r は2.5[V]に設定され、イグニッションキー11がオフであり第2センサ電源 V_{s2} が3.3[V]である場合に閾値電圧 V_r は1.65[V]に設定されてよい。

[0087] 図14は、第2実施形態の電源管理部50の機能構成の一例のブロック図である。第1実施形態の電源管理部50の構成要素と同様の構成要素には同一の参照符号を付する。第2実施形態の電源管理部50は、内部電源生成部55とセンサ電源判定部57を備える。

第3電源供給部54は、「センサ電源供給部」の一例である。第1電源供給部52と、第2電源供給部53と、内部電源生成部55は、特許請求の範囲に記載の「電源供給部」の一例である。

[0088] 電源制御部56は、イグニッションキー信号IGに基づいて動作切替信号Sigを生成して、レギュレータ51、第1電源供給部52、第2電源供給部53及び第3電源供給部54へ出力する。

動作切替信号Sigは、イグニッションキー11がオンであるかオフであるかに応じて異なる値を有する。

[0089] すなわち動作切替信号Sigは、イグニッションキー11がオンであるかオフであることを示す。例えば、イグニッションキー11がオンであることを示す値は「1」であってよく、イグニッションキー11がオフであることを示す値は「0」であってよい。

また、電源制御部56は、駆動間隔指示信号Siを生成して第3電源供給部54へ出力する。駆動間隔指示信号Siは、イグニッションキー11がオフである間に第2センサに間欠的に電源を供給する間隔、すなわち第2センサ34を駆動する駆動間隔を指示する信号である。電源制御部56の詳細は後述する。

[0090] レギュレータ51は、バッテリー電源Vbatから所定電圧のレギュレータ

電源 V_R を発生させる。第1電源供給部52、第2電源供給部53、第3電源供給部54及び内部電源生成部55は、このレギュレータ電源 V_R から、電源 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 、第2センサ電源 V_{s2} 、内部電源 V_p をそれぞれ発生させる。

レギュレータ51は、動作切替信号 S_{ig} に応じてレギュレータ電源 V_R の電圧を切り替える。例えば、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間（すなわちイグニッションキー11がオンである間）のレギュレータ電源 V_R の電圧は6[V]であってよく、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間（すなわちイグニッションキー11がオフである間）のレギュレータ電源 V_R の電圧は4[V]であってよい。

[0091] 第1電源供給部52は、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間、連続的に電源 V_m をMPU60等に供給する。

また、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間、第2電源供給部53は、連続的に第1センサ電源 V_{s1} を第1センサ33に供給し、第3電源供給部54は、第2センサ電源 V_{s2} を連続的に第2センサ34に供給する。

この結果、イグニッションキー11がオンである間、MPU60等、第1センサ33、第2センサ34は連続して動作する。また、このときの第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} の電圧は、電源電圧 V_{cc1} である。

[0092] 一方で、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間（すなわちイグニッションキー11がオフである間）、第1電源供給部52及び第2電源供給部53は、電源 V_m 及び第1センサ電源 V_{s1} の生成を停止する。これにより、第1センサ33への第1センサ電源 V_{s1} の供給と、MPU60等への電源 V_m の供給が止まり、第1センサ33及びMPU60等の動作が停止する。

第3電源供給部54は、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間、電源電圧 V_{cc1} よりも低い電源電圧 V_{cc2} の第2センサ電源 V_{s2} を生成する。また、第3電源供給部54は、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間、駆動間隔指示信号 S_i により指示された駆動間隔で第2センサ電源 V_{s2} を

間欠的に生成する。

この結果、電源電圧 V_{cc1} よりも低い電源電圧 V_{cc2} の第2センサ電源 V_{s2} が間欠的に第2センサ34に供給され、第2センサ34が間欠的に動作する。

[0093] 内部電源生成部55は、動作切替信号 S_{ig} が値「1」であるか「0」であるかに関わらず（イグニッションキー11がオンであるかオフであるかに関わらず）、回転数検出部58に内部電源 V_p を供給する。

センサ電源判定部57は、イグニッションキー11がオフである期間（すなわち第2センサ電源 V_{s2} が間欠的に生成される期間）に、第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34に供給されているか否かを判定する。センサ電源判定部57は、回転数検出部58を、第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34に供給されたタイミングで作動させるための起動信号 S_r を生成する。起動信号 S_r の値は、例えば、第2センサ電源 V_{s2} が供給されている期間に間欠的に「1」となり、第2センサ電源 V_{s2} が供給されていない期間に「0」となる。

[0094] 回転数検出部58は、イグニッションキー11がオンである間、回転数検出部58は連続的に動作し、イグニッションキー11がオフである間、回転数検出部58は、センサ電源判定部57からの起動信号 S_r の値が「1」であるとき（すなわち第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34に供給されたとき）に動作する。すなわち、回転数検出部58は間欠的に動作する。

回転数検出部58の第1コンパレータ58a及び第2コンパレータ58bは、イグニッションキー11がオフである間、間欠的に動作して、第2正弦信号 $\sin 2$ 及び第2余弦信号 $\cos 2$ と閾値電圧 V_r との比較結果に応じて符号信号 C_s 及び C_c を変化させる。第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34に供給されていない期間では、内部電源 V_p によって符号信号 C_s 及び C_c の出力を維持する。正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dは、内部電源 V_p を電源として動作し、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c をそれぞれ算出する。

[0095] 次に、電源制御部 56 についてさらに説明する。上述のとおり、電源制御部 56 は、動作切替信号 S_{ig} と駆動間隔指示信号 S_i とを生成することにより、レギュレータ 51 と、第 1 電源供給部 52 と、第 2 電源供給部 53 と、第 3 電源供給部 54 と、を制御する。電源制御部 56 は、作動切替部 56a と、駆動間隔変更部 56b を備える。

[0096] 作動切替部 56a は、イグニッションキー信号 I_G に基づいて動作切替信号 S_{ig} を生成する。

駆動間隔変更部 56b は、モータ回転軸 21 の回転が検出されたか否かに基づいて駆動間隔指示信号 S_i を生成する。上記のとおり、駆動間隔指示信号 S_i は第 2 センサ 34 を間欠的に駆動する駆動間隔を指示する。

[0097] 駆動間隔変更部 56b は、モータ回転軸 21 の回転が検出されたか否かに応じて駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を伸縮する。

具体的には、モータ回転軸 21 の回転が検出されたときに、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を所定の最大間隔 x から短縮し、その後にモータ回転軸 21 の回転が検出されなくなったときに、駆動間隔を最大間隔 x まで延長する。最大間隔 x は「第 1 時間間隔」の一例である。

このように、モータ回転軸 21 の回転が検出されたときに第 2 センサ 34 を間欠的に駆動する駆動間隔を短縮することで、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c のカウント漏れを防止できる。

[0098] 例えば、駆動間隔変更部 56b は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の変化が検出されたか否かに応じて、駆動間隔指示信号 S_i を生成してよい。

具体的には、駆動間隔変更部 56b は、第 1 コンパレータ 58a の出力である第 2 正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s と第 2 コンパレータ 58b の出力である第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c の変化に基づいて駆動間隔指示信号 S_i を生成する。

すなわち、駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s と C_c とに変化が生じ

たときは、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を最大間隔 x から短縮する。

[0099] その後、符号信号 C_s と C_c に変化が生じなくなったときは、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を最大間隔 x まで延長する。

例えば、駆動間隔変更部 56b は、第 2 センサ 34 に所定の複数回数、間欠的に電源が供給されても、符号信号 C_s 及び C_c のいずれの変化も検出しない場合に、駆動間隔を延長し始めてもよい。

[0100] 駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号の変化を検出し、その後に符号信号 C_s 及び C_c のうち他方の信号の変化を検出したとき、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を段階的に短縮してもよい。

例えば、符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の変化を検出したとき、駆動間隔変更部 56b は所定長 T_1 だけ駆動間隔を短縮し、その後に他方の信号の変化を検出したとき所定長 T_1 だけ駆動時間をさらに短縮する。すなわち短縮量は、 T_1 、 $(2 \times T_1)$ と段階的に変化する。

このように段階的に駆動間隔を短縮することによって、駆動間隔が短くなることによる消費電力の増加を抑制しつつ、正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c のカウント漏れを防止できる。

[0101] 図 15 (a) ~ 図 15 (c) を参照して、イグニッションキー 11 がオフである間にモータ回転軸 21 の回転が検出された場合の第 2 センサ 34 の駆動間隔の制御の一例を説明する。図 15 (a) は所定長 T_1 が 2.2 [ミリ秒] である例を示している。

当初の駆動間隔は最大間隔 x であり、参照符号 100 で示すように符号信号 C_s が「0」から「1」に変化すると最大間隔 x から $(x - 2.2)$ [ミリ秒] に短縮される。

[0102] その後に、参照符号 101 で示すように符号信号 C_c が「0」から「1」に変化すると、 $(x - 2.2)$ [ミリ秒] から $(x - 4.4)$ [ミリ秒] に

短縮される。

例えば、最大間隔 x を6.6 [ミリ秒]とすると、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔は6.6 [ミリ秒]から、4.4 [ミリ秒]、2.2 [ミリ秒]へと段階的に短縮される。

[0103] 駆動間隔変更部56bは、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔が所定の最小間隔まで短縮されると、符号信号 C_s 及び C_c の変化を検出しても、駆動間隔を最小間隔より短い値に短縮することを禁止する。例えば、図15(a)の例では最小間隔は $(x - 4.4)$ [ミリ秒]であってよい。図15(a)の例では、最大間隔 x が6.6 [ミリ秒]であれば最小間隔は2.2 [ミリ秒]となる。

[0104] また、第2センサ34に第2センサ電源 V_{s2} が供給される期間（すなわち第2センサ34が駆動される期間）の時間幅 w は固定されていてよい。時間幅 w は、例えば220 [μ 秒]であってよい。

時間幅 w が固定である場合、駆動間隔が最大間隔6.6 [ミリ秒]であるときの第2センサ34の駆動期間のデューティ比は、最小間隔2.2 [ミリ秒]であるときに比べて $1/3$ となる。

また、時間幅 w が220 [μ 秒]であり駆動間隔が最小間隔2.2 [ミリ秒]である場合のデューティ比は10%となる。

[0105] なお、符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号が変化した後、その後に符号信号 C_s 及び C_c のうちの他方の信号が変化する前に、再び符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号が変化することがある。

図15(b)及び図15(c)の例では、参照符号100で示すように符号信号 C_s が「0」から「1」に変化した後に、符号信号 C_c が「0」から「1」に変化せずに、再び符号信号 C_s が「1」から「0」に戻る可能性がある。

[0106] このような現象は、例えば、モータ回転軸21が回転して符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号が変化した後に、同じ回転方向にモータ回転軸21が90度以上回転せずに、逆方向に回転した場合に発生する。

このような場合には、モータ回転軸 21 が速く回転していないため、駆動間隔を大きく短縮しなくても正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c のカウント漏れの虞は少ない。

[0107] そこで、駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号が変化した後、その後に符号信号 C_s 及び C_c のうちの他方の信号が変化する前に、再び符号信号 C_s 及び C_c のうちの一方の信号が変化しても、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を短縮しないように構成してもよい。

例えば、駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s の変化が検出されると、符号信号 C_s が変化したことを示す符号信号 C_s の変化履歴を記憶する。

[0108] 符号信号 C_s の変化履歴が記憶されている状態で、符号信号 C_s の変化が検出されても、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を段階的に短縮しない。反対に、符号信号 C_s の変化履歴が記憶されていない状態で、符号信号 C_s の変化が検出されると、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を短縮し、符号信号 C_s の変化履歴を記憶する。

[0109] また、符号信号 C_s の変化履歴が記憶されている状態で、符号信号 C_c の変化が検出されると、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を短縮し、符号信号 C_c の変化履歴を記憶する。このとき駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s の変化が記憶されていない状態に変化履歴をリセットする。

符号信号 C_c の変化履歴が記憶されている状態で、符号信号 C_c の変化が検出されても、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を段階的に短縮しない。

[0110] 反対に、符号信号 C_c の変化履歴が記憶されていない状態で、符号信号 C_c の変化が検出されると、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を短縮し、符号信号 C_c の変化履歴を記憶する。

符号信号 C_c の変化履歴が記憶されている状態で、符号信号 C_s の変化が検出されると、駆動間隔変更部 56b は駆動間隔を短縮し、符号信号 C_s の変化履歴を記憶する。また、符号信号 C_c の変化が記憶されていない状態に変化履歴をリセットする。

[0111] 符号信号 C_s 及び C_c の変化履歴は、例えば駆動間隔変更部 56b が論理回路等によってハードウェア的に実現されている場合には、フリップフロップ回路等によって記憶してよい。

駆動間隔変更部 56b がソフトウェア的に実現されている場合には、符号信号 C_s 及び C_c の変化履歴を、フラグ変数等によって記憶してもよい。

[0112] 次に、イグニッションキー 11 がオフである間にモータ回転軸 21 の回転が検出されない場合の駆動間隔変更部 56b の動作について説明する。

上述のとおり、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔が短縮された後に、符号信号 C_s と C_c に変化が生じなくなったときは、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を最大間隔 x まで延長する。

[0113] 具体的には、所定の複数回数、第 2 センサ 34 に間欠的に電源供給されても符号信号 C_s 及び C_c のいずれの変化も検出しない場合に、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を最大間隔 x まで延長する。

このため、駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s 又は C_c のいずれかの信号の変化が最後に検出されてから、第 2 センサ 34 に間欠的に電源が供給された回数である電源供給カウント CNT_r を計数する。

[0114] すなわち、駆動間隔変更部 56b は、第 2 センサ 34 に間欠的に電源が供給される度に電源供給カウント CNT_r を 1 ずつ増加し、符号信号 C_s 又は C_c のいずれかの信号の変化が検出されると、電源供給カウント CNT_r を 0 にリセットする。

[0115] 駆動間隔変更部 56b は、電源供給カウント CNT_r が所定のカウンタ閾値 C_{th} 以上であるか否かを判定する。電源供給カウント CNT_r が所定のカウンタ閾値 C_{th} 以上である場合に駆動間隔変更部 56b は、電源供給カウント CNT_r が 1 ずつ増加する度に、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を所定長 T_2 だけ延長する。所定長 T_2 は上記の所定長 T_1 よりも短くてもよく、所定長 T_1 と同じでもよい。

また、このとき駆動間隔変更部 56b は、符号信号 C_s 、 C_c の変化が記

憶されていない状態に変化履歴をリセットする。

駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔が最大間隔 x に至るまで駆動間隔の延長を続け、駆動間隔が最大間隔 x に至ると駆動間隔の延長を停止する。

[0116] 図 16 (a) ~ 図 16 (d) を参照して、イグニッションキー 11 がオフである間にモータ回転軸 21 の回転が検出されない場合の第 2 センサ 34 の駆動間隔の制御の一例を説明する。図 16 (a) ~ 図 16 (d) の例では、カウント閾値 C_{th} は 4 であり、所定長 T_2 は 1.1 [ミリ秒] である。

いま、図 16 (a) に示すように、当初、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔が $(x - 4.4)$ [ミリ秒] まで短縮されている場合を想定する。

[0117] 参照符号 102 で示すように符号信号 C_s が変化すると、駆動間隔変更部 56b は、電源供給カウント CNT_r を 0 にリセットする。その後、符号信号 C_s 又は C_c のいずれの信号の変化も検出されないと、駆動間隔変更部 56b は、第 2 センサ 34 に間欠的に電源が供給される度に、電源供給カウント CNT_r を 1 つずつ増加する。

駆動間隔変更部 56b は、電源供給カウント CNT_r がカウント閾値 C_{th} である 4 以上であるか否かを判定する。

[0118] 電源供給カウント CNT_r が 4 に到達すると、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔を、所定長 T_2 である 1.1 [ミリ秒] だけ延長する。これにより駆動間隔は $(x - 4.4)$ [ミリ秒] から $(x - 3.3)$ [ミリ秒] へ延長する。

その後に、駆動間隔変更部 56b は、電源供給カウント CNT_r が 1 つ増加する毎に、駆動間隔を 1.1 [ミリ秒] ずつ延長する。

[0119] その後、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔が最大間隔 x まで延長されると、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔の延長を停止する。

なお、上記の所定長 T_1 、 T_2 、駆動間隔の最大間隔 x 及び最小間隔、並びにカウント閾値 C_{th} の数値例はあくまでも例示であり、本発明は上記の数値例に限定されない。所定長 T_1 、最大間隔 x 及び最小間隔の値は、実際

の装置構成に応じて適宜設定してよい。

[0120] また、符号信号 C_s 又は C_c の変化を検出した際に、駆動間隔を所定長 T_1 だけ短縮すると駆動間隔が最小間隔よりも短くなる場合には、駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔の短縮量を所定長 T_1 よりも短くしてよい。同様に、符号信号 C_s 又は C_c の変化を検出しない場合に、駆動間隔を所定長 T_2 だけ延長すると駆動間隔が最大間隔 x よりも長くなる場合には、駆動間隔の延長量を所定長 T_2 よりも短くしてよい。

[0121] 例えば上記のように所定長 T_1 が 2.2 [ミリ秒] であり最小間隔が $(x - 4.4)$ [ミリ秒] である場合に、駆動間隔の延長途中で駆動間隔が $(x - 3.3)$ [ミリ秒] であるタイミングで符号信号 C_s 又は C_c の変化を検出した場合を想定する。

このとき駆動間隔を所定長 T_1 だけ短縮すると、駆動間隔は $(x - 5.5)$ [ミリ秒] となり、最小間隔 $(x - 4.4)$ [ミリ秒] よりも短くなる。したがって、駆動間隔変更部 56b は、所定長 $T_1 = 2.2$ [ミリ秒] よりも短い 1.1 [ミリ秒] だけ駆動間隔を短縮して、駆動間隔を最小間隔 $(x - 4.4)$ [ミリ秒] に設定する。

[0122] 図 17 を参照して、駆動間隔指示信号 S_i が指示する駆動間隔の設定方法の一例を説明する。

ステップ S1 においてセンサ電源判定部 57 は、第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧の立ち上がりを検出したか否かを判定する。第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧の立ち上がりを検出した場合（ステップ S1 : Y）に処理はステップ S2 へ進む。第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧の立ち上がりを検出しない場合（ステップ S1 : N）に処理は終了する。この場合に駆動間隔は変化しない。

[0123] ステップ S2 においてセンサ電源判定部 57 は、起動信号 S_r を生成して回転数検出部 58 に出力する。起動信号 S_r によって起動した回転数検出部 58 内では、第 1 コンパレータ 58a 及び第 2 コンパレータ 58b が、第 2 正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c を出力する。

駆動間隔変更部 56b は、回転検出処理を実行して、符号信号 Cs 及び Cc に基づいてモータ回転軸 21 の回転が検出されたか否かを判定する。

図 18 を参照して、ステップ S2 における回転検出処理の一例を説明する。

[0124] ステップ S20 において駆動間隔変更部 56b は、符号信号 Cs が変化したか否かを判定する。符号信号 Cs が変化した場合（ステップ S20：Y）に処理はステップ S21 へ進む。符号信号 Cs が変化しない場合（ステップ S20：N）に処理はステップ S25 へ進む。

ステップ S21 において駆動間隔変更部 56b は、符号信号 Cs が変化したことを示す符号信号 Cs の変化履歴があるか否かを判定する。変化履歴がある場合（ステップ S21：Y）に処理はステップ S24 へ進む。変化履歴がない場合（ステップ S21：N）に処理はステップ S22 へ進む。

[0125] ステップ S22 において駆動間隔変更部 56b は、符号信号 Cs が変化したことを示す符号信号 Cs の変化履歴を記憶する。また、符号信号 Cc が変化したことを示す変化履歴を、符号信号 Cc の変化が記憶されていない状態にリセットする。

ステップ S23 において駆動間隔変更部 56b は、モータ回転軸 21 の回転が検出されたと判定して回転検出処理を終了する。

[0126] 一方で、ステップ S21 において変化履歴がないと判定された場合（ステップ S21：N）に駆動間隔変更部 56b は、ステップ S24 においてモータ回転軸 21 の回転が検出されないと判定して回転検出処理を終了する。

ステップ S20 において符号信号 Cs が変化しない場合（ステップ S20：N）に駆動間隔変更部 56b は、ステップ S25 において符号信号 Cc が変化したか否かを判定する。

[0127] 符号信号 Cc が変化した場合（ステップ S25：Y）に処理はステップ S26 へ進む。符号信号 Cc が変化しない場合（ステップ S25：N）に処理はステップ S24 へ進む。この場合に駆動間隔変更部 56b は、モータ回転軸 21 の回転が検出されないと判定して回転検出処理を終了する。

ステップS 2 6において駆動間隔変更部5 6 bは、符号信号C cが変化したことを示す符号信号C sの変化履歴があるか否かを判定する。

- [0128] 変化履歴がある場合（ステップS 2 6：Y）に処理はステップS 2 4へ進む。この場合に駆動間隔変更部5 6 bは、モータ回転軸2 1の回転が検出されないと判定して回転検出処理を終了する。

符号信号C sの変化履歴がない場合（ステップS 2 6：N）に処理はステップS 2 7へ進む。

- [0129] ステップS 2 7において駆動間隔変更部5 6 bは、符号信号C cが変化したことを示す符号信号C cの変化履歴を記憶する。また、符号信号C sが変化したことを示す変化履歴を、符号信号C sの変化が記憶されていない状態にリセットする。

ステップS 2 8において駆動間隔変更部5 6 bは、モータ回転軸2 1の回転が検出されたと判定して回転検出処理を終了する。

- [0130] 図1 7を参照する。モータ回転軸2 1の回転が検出された場合（ステップS 3：Y）に処理はステップS 4へ進む。モータ回転軸2 1の回転が検出されない場合（ステップS 3：N）に処理はステップS 7へ進む。

ステップS 4において駆動間隔変更部5 6 bは、第2センサ3 4に間欠的に電源が供給された回数を計数する電源供給カウントCNT rをリセットする。

- [0131] ステップS 5において駆動間隔変更部5 6 bは、駆動間隔指示信号S iが指示する駆動間隔が既に最小間隔であるか否かを判定する。駆動間隔が最小間隔である場合（ステップS 5：Y）に処理は終了する。この場合に駆動間隔は変化しない。

駆動間隔が最小間隔でない場合（ステップS 5：N）に処理はステップS 6へ進む。

ステップS 6において駆動間隔変更部5 6 bは、駆動間隔指示信号S iが指示する駆動間隔を短縮する。その後に処理は終了する。

- [0132] ステップS 3にてモータ回転軸2 1の回転が検出されない場合（ステップ

S 3 : N) に駆動間隔変更部 5 6 b は、ステップ S 7 において、駆動間隔指示信号 S i が指示する駆動間隔が最大間隔 x であるか否かを判定する。駆動間隔が最大間隔 x である場合 (ステップ S 7 : Y) に処理は終了する。この場合に駆動間隔は変化しない。

駆動間隔が最大間隔 x でない場合 (ステップ S 7 : N) に処理はステップ S 8 へ進む。

ステップ S 8 において駆動間隔変更部 5 6 b は、電源供給カウンタ C N T r がカウンタ閾値 C t h 以上であるか否かを判定する。

[0133] 電源供給カウンタ C N T r がカウンタ閾値 C t h 以上である場合 (ステップ S 8 : Y) に処理はステップ S 1 0 へ進む。電源供給カウンタ C N T r がカウンタ閾値 C t h 以上でない場合 (ステップ S 8 : N) に処理はステップ S 9 へ進む。この場合に駆動間隔は変化しない。

ステップ S 9 において駆動間隔変更部 5 6 b は、電源供給カウンタ C N T r を 1 つ増加する。その後に処理は終了する。

[0134] ステップ S 8 にて電源供給カウンタ C N T r がカウンタ閾値 C t h 以上である場合 (ステップ S 8 : Y) に駆動間隔変更部 5 6 b は、ステップ S 1 0 において駆動間隔指示信号 S i が指示する駆動間隔を延長する。

ステップ S 1 1 において駆動間隔変更部 5 6 b は、符号信号 C s 、 C c の変化が記憶されていない状態に変化履歴をリセットする。その後に、ステップ S 9 を経て処理は終了する。

[0135] (第 2 実施形態の効果)

(1) 第 2 センサ 3 4 は、モータ 2 0 のモータ回転軸 2 1 の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだ第 2 センサ信号を出力する。第 3 電源供給部 5 4 は、第 2 センサ 3 4 に第 2 センサ電源 V s 2 を供給する。電源制御部 5 6 は、イグニッションキー 1 1 がオンである場合に第 2 センサ 3 4 に連続的に第 2 センサ電源 V s 2 を供給し、イグニッションキー 1 1 がオフである場合に第 2 センサ 3 4 に間欠的に第 2 センサ電源 V s 2 を供給するように第 3 電源供給部 5 4 を制御する。第 1 コンパレータ 5 8 a 及び第 2 コンパレータ 5 8

bは、正弦信号の変化及び余弦信号の変化を検出する。

[0136] 電源制御部56は、第2センサ34に間欠的に第2センサ電源 V_s2 を供給して第2センサ34を駆動する駆動間隔を、正弦信号及び余弦信号の何れの信号の変化も検出されない場合に第1時間間隔に設定し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号のみの変化を検出した場合に第1時間間隔より短い第2時間間隔に設定し、正弦信号及び余弦信号の何れか一方の信号の変化を検出した後に他方の信号の変化を検出した場合には第2時間間隔より短い第3時間間隔に設定する。

[0137] このように、イグニッションキー11がオフである場合に第2センサ34を間欠的に駆動するため、電源スイッチであるイグニッションキー11がオフである期間の消費電力を低減できる。

さらに、第2センサ34の出力信号の変化に応じて第2センサ34の駆動間隔を短縮するので、モータ回転軸21の回転の検出漏れを防止できる。

さらに、第2センサ34の出力信号の変化に応じて駆動間隔を段階的に短縮するので、消費電力の増加を抑制しつつモータ回転軸21の回転の検出漏れを防止できる。

[0138] (2) 電源制御部56は、駆動間隔が第1時間間隔よりも短く設定されている期間中に、第2センサ電源 V_s2 を所定の複数回以上間欠的に供給しても正弦信号及び余弦信号のいずれの変化も検出しない場合に、駆動間隔を第1時間間隔まで段階的に延長してよい。

このように正弦信号及び余弦信号の検出しない場合に駆動間隔を延長するので消費電力を低減できる。

また段階的に駆動間隔を延長するので、消費電力の増加を抑制しつつモータ回転軸21の回転の検出漏れを防止できる。

[0139] (3) 電源制御部56は、駆動間隔を短縮することにより、第2センサ34に第2センサ電源 V_s2 が供給される期間のデューティ比を大きくしてもよい。

例えば、駆動間隔が第3時間間隔であるときのデューティ比は10%であ

ってよい。

また、例えば駆動間隔が第1時間間隔であるときのデューティ比は、駆動間隔が第3時間間隔であるときのデューティ比の $1/3$ であってもよい。

これにより、イグニッションキー11がオフである期間の消費電力を低減できる。

[0140] (4) 電源制御部56は、イグニッションキー11がオフである場合にセンサに供給される第2センサ電源 V_s2 の電圧を、イグニッションキー11がオンである場合よりも下げてもよい。

例えば、イグニッションキー11がオフである場合の第2センサ電源 V_s2 の電圧は3.3Vであり、イグニッションキー11がオンである場合の第2センサ電源 V_s2 の電圧は5Vであってもよい。

これにより、イグニッションキー11がオフである期間の消費電力を低減できる。

[0141] (5) 第1センサ33は、モータ20のモータ回転軸21の回転に応じた第1センサ信号を出力する。角度位置算出部61は、第1センサ信号に基づいてモータ回転軸21の角度位置を表す角度位置情報を算出する。回転数検出部58は、第2センサ信号に基づいてモータ回転軸21の回転数を検出し回転数を表す回転数情報を出力する。回転角情報算出部66は、角度位置情報と回転数情報に基づいてモータ回転軸21の回転角を表す回転角情報を算出する。

[0142] 第2電源供給部53、第1電源供給部52及び内部電源生成部55は、第1センサ33、角度位置算出部61、回転数検出部58及び回転角情報算出部66へ電源を供給する。電源制御部56は、イグニッションキー11がオンである場合に第1センサ33、角度位置算出部61及び回転角情報算出部66へ電源を供給し、イグニッションキー11がオフの場合に第1センサ33、角度位置算出部61及び回転角情報算出部66への電源を停止するように第2電源供給部53及び第1電源供給部52を制御してよい。

これにより、イグニッションキー11がオフの期間において、第1センサ3

3、及びその出力信号を処理する角度位置算出部61及び回転角情報算出部66における電力消費を停止することができる。このため、電源スイッチがオフである期間の消費電力を低減できる。

[0143] (第3実施形態)

次に、第3実施形態の電源管理部50を説明する。第2実施形態と同様に電源管理部50は、イグニッションキー11がオンである間には、電源VmをMPU60等へに供給する。

また、電源管理部50は、第1センサ33及び第2センサ34へ第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2をそれぞれ供給する。イグニッションキー11がオンである間に、電源管理部50は、第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2として連続的な電力を供給する。イグニッションキー11がオンである間の第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2の電圧は、例えば共通の電源電圧Vcc1（例えば $V_{cc1} = 5 [V]$ ）であってよい。

[0144] また、イグニッションキー11がオンである間、電源管理部50は、電源管理部50内部のデジタル論理回路に対して、連続的な電力である内部電源Vpを供給する。例えば、イグニッションキー11がオンである間の内部電源Vpの電圧は、共通の電源電圧Vcc1であってよい。すなわち内部電源Vpの電圧は、第2センサ電源Vs2と等しい電圧であってよい。

イグニッションキー11がオンである間に第2センサ電源Vs2及び内部電源Vpとして供給される連続的な電力は「第1電力」の一例である。

[0145] 一方で、イグニッションキー11がオフである間には、電源管理部50は、第1センサ33への第1センサ電源Vs1の供給及びMPU60等への電源Vmの供給を停止する。

また、イグニッションキー11がオフである間には、電源管理部50は、第2センサ電源Vs2として間欠的な電力を第2センサ34へ供給する。

例えば、イグニッションキー11がオフである間に間欠的に供給される第2センサ電源Vs2の電圧は、電源電圧Vcc1より低い電源電圧Vcc2で

あってよい。例えば電源電圧 V_{cc2} は 3.3 [V] であってよい。

イグニッションキー 11 がオフである間に第 2 センサ電源 V_{s2} として供給される間欠的な電力は「第 2 電力」の一例である。

[0146] 図 19 (a) は、イグニッションキー 11 がオフである間に間欠的に出力される第 2 センサ電源 V_{s2} の一例の波形を示す。

イグニッションキー 11 がオフである場合、第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧は、出力周期 T で到来する時間幅 W_t の間欠出力期間で電源電圧 V_{cc2} となり、間欠出力期間以外の期間では「0」となる。第 2 実施形態と同様に、電源管理部 50 は出力周期 T を動的に変更してよい。出力周期 T は、例えば 2.2 ミリ秒～6.6 ミリ秒であってよい。

[0147] 図 19 (b) は、第 2 センサ電源 V_{s2} の 1 回の間欠出力の波形を示す図である。第 2 センサ電源 V_{s2} が欠的に出力される 1 回の出力期間の時間幅 W_t は、待機期間 P_w とアイドル期間 P_i とサンプリング期間 P_s の合計である。

待機期間 P_w は、第 2 センサ電源 V_{s2} の間欠出力の開始直後に発生する電圧変動が第 2 センサ 34 の第 2 センサ信号に与える影響を避けるために、第 2 センサ信号のサンプリングが禁止される期間である。待機期間 P_w は、例えば固定値であってもよく、電源管理部 50 にプログラム可能な任意の値であってもよい。

[0148] アイドル期間 P_i 及びサンプリング期間 P_s の期間長は、電源管理部 50 にプログラム可能な任意の値である。サンプリング期間 P_s は、イグニッションキー 11 がオフである場合に電源管理部 50 が、第 2 センサ 34 の第 2 センサ信号のサンプリングを行う期間として指定される。

アイドル期間 P_i の期間長は、サンプリング期間 P_s の開始時期を指定するためにプログラムでき、サンプリング期間 P_s の期間長は、第 2 センサ電源 V_{s2} の間欠出力の終了時期を指定するためにプログラムできる。

[0149] 第 2 センサ電源 V_{s2} の間欠出力の時間幅 W_t の長さは、イグニッションキー 11 がオフである間にセンサユニット 30 及びコントローラ 40 に流れる

暗電流に影響する。すなわちイグニッションキー 11 がオフである間のセンサユニット 30 及びコントローラ 40 の消費電力に影響する。時間幅 W_t が長いほど暗電流及び消費電力が大きくなり、時間幅 W_t が短いほど暗電流及び消費電力を節約する。

[0150] 一方で、アイドル期間 P_i 及びサンプリング期間 P_s を短くすると、間欠的に駆動される第 2 センサ 34 から出力される第 2 センサ信号を精度よくサンプリングすることが難しくなる。

例えば、第 2 センサ電源 V_{s2} の供給が開始すると、コントローラ 40 が第 2 センサ 34 から受信する第 2 センサ信号の電圧は、「0」から第 2 センサ 34 に印加されている磁束に応じた値まで、ある時定数で変化する。第 2 センサ信号の時定数は、例えば、第 2 センサ 34 自体の電気的特性やハーネス 35 や入力回路のインピーダンス等によって定まる。このため、アイドル期間 P_i が過小であると本来の第 2 センサ信号よりも小さな信号をサンプリングしてしまうおそれがある。

[0151] したがって、第 2 センサ電源 V_{s2} の 1 回の間欠出力の時間幅 W_t は、イグニッションキー 11 がオフである間のセンサユニット 30 及びコントローラ 40 に許容される消費電流（暗電流）に応じて設定されることが望ましい。例えば、第 2 センサ電源 V_{s2} の 1 回の間欠出力の時間幅 W_t は 220 マイクロ秒以下であってよい。

[0152] また、第 2 センサ電源 V_{s2} の 1 回の間欠出力の時間幅 W_t は、イグニッションキー 11 がオフである間に間欠的な第 2 センサ電源 V_{s2} の供給が開始したときの第 2 センサ信号の時定数に応じて設定されることが望ましい。

例えば、第 2 センサ電源 V_{s2} の出力を開始後 100 マイクロ秒が経過時に第 2 センサ信号が十分に大きくなるように（例えば、第 2 センサ電源 V_{s2} が連続して供給される場合の第 2 センサ信号の 99 パーセント程度の大きさまで上昇するように）設計することは現実的に可能である。したがって、例えば第 2 センサ電源 V_{s2} の 1 回の間欠出力の時間幅 W_t は、100 マイクロ秒以上であってよい。

[0153] イグニッションキー 11 がオフである間も、電源管理部 50 は、内部電源 V_p として連続的な電力を供給する。すなわち、電源管理部 50 は、イグニッションキー 11 がオンであるかオフであるかにかかわらず連続的な電力を内部電源 V_p として供給する。

ただし、イグニッションキー 11 がオフである間には、電源管理部 50 は、イグニッションキー 11 がオンである間の電圧よりも低い電圧を有する内部電源 V_p を供給する。

[0154] 例えば、イグニッションキー 11 がオフである間の内部電源 V_p の電圧は、イグニッションキー 11 がオフである間の第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧である電源電圧 V_{cc2} と等しくてもよい。

イグニッションキー 11 がオフである間に内部電源 V_p として供給される連続的な電力は「第 3 電力」の一例である。

[0155] 次に、図 20 を参照して電源管理部 50 の機能構成の一例を説明する。第 1 実施形態の電源管理部 50 の構成要素と同様の構成要素には同一の参照符号を付する。

電源制御部 56 は、イグニッションキー信号 I_G に基づいて動作切替信号 S_{ig} を生成して、レギュレータ 51、第 1 電源供給部 52、第 2 電源供給部 53 及び第 3 電源供給部 54 へ出力する。

また、電源制御部 56 は、イグニッションキー 11 がオフである間、第 2 センサ電源 V_{s2} の間欠出力期間の開始時期を示す周期 T のタイミング信号 S_t を、第 3 電源供給部 54 と回転数検出部 58 に出力する。

[0156] レギュレータ 51 は、バッテリー電源 V_{bat} から所定電圧のレギュレータ電源 V_R を発生させる。第 1 電源供給部 52 及び第 2 電源供給部 53 は、このレギュレータ電源 V_R から、電源 V_m 及び第 1 センサ電源 V_{s1} を発生させる。また、第 3 電源供給部 54 は、レギュレータ電源 V_R から、第 2 センサ電源 V_{s2} 及び内部電源 V_p を発生させる。

レギュレータ 51 は、動作切替信号 S_{ig} に応じてレギュレータ電源 V_R の電圧を切り替える。

[0157] 例えば、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間（すなわちイグニッションキー 11 がオフである間）のレギュレータ電源 V_R の電圧を、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間（すなわちイグニッションキー 11 がオンである間）のレギュレータ電源 V_R の電圧よりも下げてもよい。これにより、イグニッションキー 11 がオフである間の第 2 センサ電源 V_{s2} 及び内部電源 V_p の電圧を、イグニッションキー 11 がオンである間の電圧よりも下げることができる。

例えば、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間のレギュレータ電源 V_R の電圧は 6 [V] であってよく、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間のレギュレータ電源 V_R の電圧は 4 [V] であってよい。

[0158] 第 1 電源供給部 52 は、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間、電源 V_m として連続的な電力を MPU 60 等に供給し、第 2 電源供給部 53 は、第 1 センサ電源 V_{s1} として連続的な電力を第 1 センサ 33 に供給する。

また、動作切替信号 S_{ig} が値「1」である間、第 3 電源供給部 54 は、第 2 センサ電源 V_{s2} として連続的な電力を第 2 センサ 34 と回転数検出部 58 に供給し、内部電源 V_p として連続的な電力を回転数検出部 58 に供給する。

この結果、イグニッションキー 11 がオンである間、MPU 60 等、第 1 センサ 33、第 2 センサ 34 は連続して動作する。また、このときの第 1 センサ電源 V_{s1} 、第 2 センサ電源 V_{s2} 及び内部電源 V_p の電圧は、電源電圧 V_{cc1} である。

[0159] 一方で、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間（すなわちイグニッションキー 11 がオフである間）、第 1 電源供給部 52 及び第 2 電源供給部 53 は、電源 V_m 及び第 1 センサ電源 V_{s1} の生成を停止する。これにより、第 1 センサ 33 への第 1 センサ電源 V_{s1} の供給と、MPU 60 等への電源 V_m の供給が止まり、第 1 センサ 33 及び MPU 60 等の動作が停止する。

[0160] 第 3 電源供給部 54 は、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間、電源電圧 V_{cc2} を有する間欠的な電力を第 2 センサ電源 V_{s2} として出力する。

この結果、電源電圧 V_{cc1} よりも低い電源電圧 V_{cc2} の第2センサ電源 V_{s2} が間欠的に第2センサ34に供給され、第2センサ34が間欠的に動作する。

第3電源供給部54は、電源制御部56から出力されるタイミング信号 S_t に基づくタイミングで、間欠的に第2センサ電源 V_{s2} を出力する。また、第3電源供給部54は、待機期間 P_w と、電源管理部50に予めプログラムされたアイドル期間 P_i とサンプリング期間 P_s に応じて、第2センサ電源 V_{s2} の1回の間欠出力の時間幅 W_t を設定する。

[0161] また、第3電源供給部54は、動作切替信号 S_{ig} が値「0」である間、電源電圧 V_{cc2} を有する連続的な電力を内部電源 V_p として生成する。例えば、第3電源供給部54は、電源電圧 V_{cc2} を有する連続的な共通電力をレギュレータ電源 V_R から生成して、共通電力をそのまま内部電源 V_p として出力する一方で、共通電力をスイッチングして第2センサ電源 V_{s2} を生成してもよい。

[0162] イグニッションキー11がオンである間、回転数検出部58は、第2センサ電源 V_{s2} の間欠出力周期 T よりも短い所定のサンプリング周期で回転数情報を生成する。イグニッションキー11がオフである間、回転数検出部58は、間欠出力周期 T で第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34に供給されたときに、間欠的に回転数情報を生成する。

[0163] 第1コンパレータ58aは、第2センサ電源 V_{s2} を電源として動作し、第2正弦信号 s_{in2} と閾値電圧 V_r とを比較して、第2正弦信号 s_{in2} の正負の符号を示す符号信号 C_s を生成する。符号信号 C_s は、第2正弦信号 s_{in2} が閾値電圧 V_r 以上である場合に論理値「1」を有し、第2正弦信号 s_{in2} が閾値電圧 V_r 未満である場合に論理値「0」を有する。

[0164] 閾値電圧 V_r は、第2センサ電源 V_{s2} の電圧に基づいて設定してよい。例えば、回転数検出部58は、第2センサ電源 V_{s2} やレギュレータ電源 V_R の電圧を分圧して閾値電圧 V_r を生成する分圧抵抗を備えてもよい。

例えば、イグニッションキー11がオンであり第2センサ電源 V_{s2} が5 [

V] である場合に閾値電圧 V_r は 2.5 [V] に設定され、イグニションキー 11 がオフであり第 2 センサ電源 V_{s2} が 3.3 [V] である場合に閾値電圧 V_r は 1.65 [V] に設定されてよい。

[0165] 第 2 コンパレータ 58b は、第 2 センサ電源 V_{s2} を電源として動作し、第 2 余弦信号 $\cos 2$ と閾値電圧 V_r とを比較して、第 2 余弦信号 $\cos 2$ の正負の符号を示す符号信号 C_c を生成する。符号信号 C_c は、第 2 余弦信号 $\cos 2$ が閾値電圧 V_r 以上である場合に論理値「1」を有し、第 2 余弦信号 $\cos 2$ が閾値電圧 V_r 未満である場合に論理値「0」を有する。

[0166] また、イグニションキー 11 がオフである間には、第 1 コンパレータ 58a 及び第 2 コンパレータ 58b は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ を、電源制御部 56 から出力される周期 T のタイミング信号 S_t と、待機期間 P_w と、電源管理部 50 に予めプログラムされたアイドル期間 P_i とに基づき定まる開始時期から始まるサンプリング期間 P_s 内において取得する。これにより、第 1 コンパレータ 58a 及び第 2 コンパレータ 58b は、イグニションキー 11 がオフである間、間欠的に動作して、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ と閾値電圧 V_r との比較結果に応じて符号信号 C_s 及び C_c を変化させる。

正弦カウンタ 58c 及び余弦カウンタ 58d は、内部電源 V_p を電源として動作し、正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c をそれぞれ算出する。

[0167] 電源管理部 50 は、第 2 実施形態と同様に、イグニションキー 11 がオフである間の第 2 センサ電源 V_{s2} の間欠出力周期 T を動的に変更してよい。例えば、イグニションキー 11 がオフである間にモータ回転軸 21 が回転した場合、その後にモータ回転軸 21 がさらに速く回転して、回転数検出部 58 がモータ回転軸 21 の回転を正しく検出できなくなるおそれがある。一方で、モータ回転軸 21 が停止し続けている間は、間欠出力周期 T を長くすることによって消費電力を低減できる。

このため、例えば電源管理部 50 は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 又は第 2 余弦

信号 $\cos 2$ のいずれか一方の変化を検出した場合に、間欠出力周期 T を短縮してよい。また電源管理部 50 は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ の不変期間が継続する場合に間欠出力周期 T を延長してよい。

[0168] なお、図 19 (a)、図 19 (b) 及び図 20 を参照して説明した電源管理部 50 の構成例は、MPU 60 等に電源 V_m を供給する第 1 電源供給部 52 と、第 1 センサ 33 に第 1 センサ電源 $V_s 1$ を供給する第 2 電源供給部 53 とを備えるが、本発明は、このような構成に限定されない。電源 V_m と第 1 センサ電源 $V_s 1$ は、イグニッションキー 11 がオンである場合に供給され、イグニッションキー 11 がオフの場合に供給が停止すれば、電源管理部 50 以外の構成要素から供給されてもよい。

[0169] (第 3 実施形態の効果)

(1) 第 3 実施形態の回転角検出装置は、イグニッションキー 11 がオンの場合に電源が供給されて、モータ 20 のモータ回転軸 21 の回転に応じた第 1 センサ信号を出力するとともに、イグニッションキー 11 がオフの場合に電源の供給が停止する第 1 センサ 33 と、イグニッションキー 11 がオンの場合に電源が供給されて、第 1 センサ信号に基づいてモータ回転軸 21 の角度位置を表す角度位置情報を算出するとともに、イグニッションキー 11 がオフの場合に電源の供給が停止する角度位置算出部 61 と、モータ回転軸 21 の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだ第 2 センサ信号を出力する第 2 センサ 34 と、イグニッションキー 11 がオンである場合に連続的な第 1 電力を第 2 センサ 34 に供給し、イグニッションキー 11 がオフである場合に第 1 電力よりも小さな電圧を有する間欠的な第 2 電力を第 2 センサ 34 に供給するとともに、第 2 センサ信号に基づいてモータ回転軸の回転数を表す回転数情報を出力する電源管理部 50 と、イグニッションキー 11 がオンの場合に電源が供給されて、角度位置情報と回転数情報に基づいてモータ回転軸 21 の回転角を表す回転角情報を算出するとともに、イグニッションキー 11 がオフの場合に電源の供給が停止する回転角情報算出部 66 を備える。

[0170] 電源管理部 50 は、第 1 電力及び第 2 電力を生成する第 3 電源供給部 54

と、イグニッションキー 11 がオンである場合に第 3 電源供給部 54 から供給される第 1 電力を電源として動作して第 1 電力の電圧に基づく第 1 基準電圧と第 2 センサ信号とを比較し、イグニッションキー 11 がオフである場合に第 3 電源供給部 54 から供給される第 2 電力を電源として動作して第 2 電力の電圧に基づく第 2 基準電圧と第 2 センサ信号とを比較するコンパレータ 58 a、58 b と、コンパレータ 58 a、58 b の出力をカウントすることによりモータ回転軸の回転数を検出するカウンタ 58 c、58 d を備える。

[0171] このように、イグニッションキー 11 がオフである場合に第 2 センサ 34 とコンパレータ 58 a、58 b とを間欠的に駆動するとともにこれらの電源電圧を下げるため、イグニッションキー 11 がオフである期間の消費電力を低減できる。

さらに、間欠的に駆動される第 2 センサ 34 の第 2 センサ信号を取得するコンパレータ 58 a、58 b を、第 2 センサ 34 の電源を間欠的に出力する電源管理部 50 に設けることで、コンパレータ 58 a、58 b の動作を、第 2 センサ 34 の間欠駆動に同期させ易くなる。

また、コンパレータ 58 a、58 b と第 2 センサ 34 とを同じ電源で駆動し、第 2 センサ信号と比較する基準電圧を、第 2 センサ 34 の電源の電圧に基づいて設定することで、イグニッションキー 11 のオンオフに伴って第 2 センサ 34 への電源電圧が切り替わっても、コンパレータ 58 a、58 b の正常な出力を取得できる。

[0172] (2) 第 3 電源供給部 54 は、イグニッションキー 11 がオンである場合に第 1 電力を電源としてカウンタ 58 c、58 d に供給し、イグニッションキー 11 がオフである場合に第 2 電力と等しい電圧を有する連続的な電力である第 3 電力を生成して電源としてカウンタ 58 c、58 d に供給してよい。

イグニッションキー 11 がオフである場合にカウンタ 58 c、58 d の電源電圧を下げるため、イグニッションキー 11 がオフである期間の消費電力を低減できる。

[0173] (3) 電源管理部 50 は、イグニッションキー 11 がオンである場合に第 1

レギュレータ電圧を有する連続的な電力である第4電力を外部電源から生成するとともに、イグニッションキー11がオフである場合に第1レギュレータ電圧よりも低い第2レギュレータ電圧を有する連続的な電力である第5電力を外部電源から生成するレギュレータ51を備え、第3電源供給部54は、第4電力から第1電力を生成し、第5電力から第2電力及び第3電力を生成してよい。

これにより、レギュレータ51からの出力電圧を切り替えることで、第3電源供給部54の出力電圧を切り替えることができる。

[0174] (4) コンパレータ58a、58bと第3電源供給部54とを、単一の集積回路チップ内に設けてもよい。

これにより、コンパレータ58a、58bの動作を、第2センサ34の間欠駆動に同期させ易くなる。

[0175] (5) 第2電力の1回の間欠出力の時間幅 W_t は、イグニッションキー11がオフである場合に回転角検出装置に許容される消費電流に応じて設定してもよい。これにより、イグニッションキー11がオフである期間の消費電力を低減できる。

(6) 第2電力の1回の間欠出力の時間幅 W_t は、間欠的な第2電力が供給されたときの第2センサ信号の時定数に応じて設定してもよい。これにより、時間幅 W_t が過小であるために本来の第2センサ信号よりも小さな信号をサンプリングするのを防止できる。

(7) 第2電力の1回の間欠出力の時間幅は、例えば220マイクロ秒以下であってよい。これにより、イグニッションキー11がオフである期間の消費電力を低減できる。

[0176] (第4実施形態)

次に、第4実施形態のセンサユニット30及びコントローラ40を説明する。電源管理部50は、イグニッションキー11がオフである間に、第2センサ電源 V_{s2} として間欠的な電力を第2センサ34へ供給するが、センサユニット30がコントローラ40と別体のユニットとして形成され、ハーネス

35を介して間欠的な第2センサ電源 V_{s2} が第2センサ34へ供給されると、立ち上がり直後に過渡電流が流れて電源電圧が不安定になったり、電磁ノイズの発生源となることがある。このため、イグニッションキー11がオフである間に、第2センサ34から得られる第2センサ信号が不安定となるおそれがある。

そこで、第4実施形態のセンサユニット30とコントローラ40には、第2センサ電源 V_{s2} の電源ラインに、バイパスコンデンサやデカップリングコンデンサを設ける。バイパスコンデンサは、主に比較的高い周波数のノイズ成分をグラウンドに逃がす機能を果たし、デカップリングコンデンサは、主に比較的低い周波数の電圧変動を吸収して電源系を安定化させる役割を果たすが、同一のコンデンサで両方の機能を果たす場合もある。

[0177] 図21は、第4実施形態のセンサユニット30の回路構成の一例の概略を示すブロック図である。センサユニット30は、第1センサ33と、第2センサ34と、第1増幅器36と、第2増幅器37と、第1オフセット電圧出力回路38と、第2オフセット電圧出力回路39と、分圧抵抗 R_{d11} 、 R_{d12} 、 R_{d21} 及び R_{d22} と、を備える。

センサユニット30側の第1センサ電源 V_{s1} の第1センサ電源ライン V_{L1} と第2センサ電源 V_{s2} の第2センサ電源ライン V_{L2} は、ハーネス35側の第1センサ電源ライン V_{L1} と第2センサ電源ライン V_{L2} と接続されており、コントローラ40から、それぞれ第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} が供給される。また、センサユニット30側の第1センサ接地ライン $GND1$ と第2センサ接地ライン $GND2$ は、ハーネス35側の接地ライン GND を介して、コントローラ40側の接地ライン（図示せず）に接続されている。

[0178] 第2センサ34は、磁気抵抗素子 R_{s21} 、 R_{s22} 、 R_{s23} 及び R_{s24} のブリッジ回路34aと、磁気抵抗素子 R_{c21} 、 R_{c22} 、 R_{c23} 及び R_{c24} のブリッジ回路34bを備える。

磁気抵抗素子 R_{s21} 、 R_{s22} 、 R_{s23} 及び R_{s24} のピン層の磁化

方向と、磁気抵抗素子 R_{c21} 、 R_{c22} 、 R_{c23} 及び R_{c24} のピン層の磁化方向とは、 90° ずれている。

[0179] 電源端子 V_{2SIN} を介して第2センサ電源ライン VL_2 に接続された磁気抵抗素子 R_{s21} 及び R_{s22} の接続点と、グラウンド端子 G_{2SIN} を介して第2センサ接地ライン GND_2 に接続された磁気抵抗素子 R_{s23} 及び R_{s24} の接続点と、の間に第2センサ電源 V_{s2} を供給すると、中点電位点に接続された出力端子 SIN_{2P} 及び SIN_{2N} からは、モータ回転軸 21 の回転に応じた正弦成分を表す差動正弦信号 S_{s2p} 及び S_{s2n} が出力される。

また、電源端子 V_{2COS} を介して第2センサ電源ライン VL_2 に接続された磁気抵抗素子 R_{c21} 及び R_{c22} の接続点と、グラウンド端子 G_{2COS} を介して第2センサ接地ライン GND_2 に接続された磁気抵抗素子 R_{c23} 及び R_{c24} の接続点と、の間に第2センサ電源 V_{s2} を供給すると、中点電位点に接続された出力端子 COS_{2P} 及び COS_{2N} からは、モータ回転軸 21 の回転に応じた正弦成分を表す差動余弦信号 S_{c2p} 及び S_{c2n} が出力される。

[0180] 第1センサ 33 は、第2センサ 34 と同一の構成を有しており、電源端子 V_{1SIN} 及び V_{1COS} が、電源端子 V_{2SIN} 及び V_{2COS} にそれぞれ対応し、グラウンド端子 G_{1SIN} 及び G_{1COS} が、グラウンド端子 G_{2SIN} 及び G_{2COS} にそれぞれ対応し、出力端子 SIN_{1N} 、 SIN_{1P} 、 COS_{1N} 及び COS_{1P} が、出力端子 SIN_{2N} 、 SIN_{2P} 、 COS_{2N} 及び COS_{2P} にそれぞれ対応し、差動正弦信号 S_{s1p} 及び S_{s1n} が差動正弦信号 S_{s2p} 及び S_{s2n} にそれぞれ対応し、差動余弦信号 S_{c1p} 及び S_{c1n} が差動余弦信号 S_{c2p} 及び S_{c2n} にそれぞれ対応する。

[0181] 第2増幅器 37 は、差動正弦信号 S_{s2p} 及び S_{s2n} を増幅して、第2オフセット電圧出力回路 39 から出力されたオフセット電圧 V_{off2} を付与することにより、第2正弦信号 s_{in2} を出力する。また、差動余弦信号

S_{c2p} 及び S_{c2n} を増幅して、オフセット電圧 V_{off2} を付与することにより、第2余弦信号 c_{os2} を出力する。第2増幅器37は、非反転入力端子と反転入力端子に差動正弦信号 S_{s2p} 及び S_{s2n} がそれぞれ入力される差動増幅器37aと、非反転入力端子と反転入力端子に差動余弦信号 S_{c2p} 及び S_{c2n} がそれぞれ入力される差動増幅器37bを備える。

[0182] 第2オフセット電圧出力回路39は、オフセット電圧 V_{off2} をこれら差動増幅器37a及び37bの非反転入力端子に付与する。

第2オフセット電圧出力回路39は、例えば、分圧抵抗 R_{d21} 及び R_{d22} によって第2センサ電源 V_{s2} を分圧して得られた分圧電圧が非反転入力端子に入力される増幅器39aを有するボルテージフォロワ回路であってよい。例えば、分圧抵抗 R_{d21} 及び R_{d22} の抵抗値を等しくし、第2センサ電源 V_{s2} を1対1に分圧してよい。この場合、オフセット電圧 V_{off2} は、第2センサ電源 V_{s2} の電圧の2分の1 ($V_{s2}/2$) となる。

[0183] 第1増幅器36及び第1オフセット電圧回路38は、第2増幅器37及び第2オフセット電圧回路39と同一の構成を有する。

第1増幅器36は、差動正弦信号 S_{s1p} 及び S_{s1n} を増幅して、第1オフセット電圧出力回路38から出力されたオフセット電圧 V_{off1} を付与することにより、第1正弦信号 s_{in1} を出力する。また、差動余弦信号 S_{c1p} 及び S_{c1n} を増幅して、オフセット電圧 V_{off1} を付与することにより、第1余弦信号 c_{os1} を出力する。

第1オフセット電圧出力回路38は、例えば、分圧抵抗 R_{d11} 及び R_{d12} によって第1センサ電源 V_{s1} を分圧して得られた分圧電圧が入力されるボルテージフォロワ回路であってよい。オフセット電圧 V_{off1} は、例えば、第1センサ電源 V_{s1} の電圧の2分の1 ($V_{s1}/2$) であってよい。

第1正弦信号 s_{in1} 、第1余弦信号 c_{os1} 、第2正弦信号 s_{in2} 、第2余弦信号 c_{os2} は、ハーネス35を介してコントローラ40へ伝送される。

[0184] 本発明では、第2センサ電源 V_s2 が連続的に供給されるイグニッションキー11がオンの場合と、第2センサ電源 V_s2 が間欠的に供給されるイグニッションキー11がオフの場合との両方で、(1)第2センサ34側の電源安定性と、(2)良好なEMC (Electromagnetic Compatibility) 特性と、(3)イグニッションキー11がオフの時の暗電流の低減が求められる。

電源安定性の観点からは、大きな容量のデカップリングコンデンサが望まれる。一方で、第2センサ電源 V_s2 が間欠的に供給されるイグニッションキー11がオフの場合では、高速な信号の立ち上がりと暗電流低減の観点から小さい容量のバイパスコンデンサが望まれる。またEMC特性の観点からは、高周波領域で機能するバイパスコンデンサが望まれる。

[0185] 発明者らは、シミュレーションを繰り返すことにより、次の3箇所(1)～(3)にバイパスコンデンサやデカップリングコンデンサを設けることにより、安定的な第2センサ信号が得られることを発見した。

(1) 第2オフセット電圧出力回路39の入力端子

第2オフセット電圧出力回路39の入力端子と第2センサ接地ラインGND2とを接続するように(すなわち分圧抵抗 R_{d21} 、 R_{d22} の接続点と第2センサ接地ラインGND2とを接続するように)デカップリングコンデンサ C_{12} を設けることにより、第2センサ電源 V_s2 が間欠的に供給される場合に、第2センサ電源 V_s2 がスイッチングされても、その過渡電流による電源の電圧変動は、分圧抵抗 R_{d21} とデカップリングコンデンサ C_{12} により形成されるローパスフィルタによって遮断され、第2センサ信号の直流成分の変動が抑制される。この結果、第2センサ信号の安定性を向上できる。

[0186] (2) 第2センサ34に近接する位置

第2センサ34と近接する位置において第2センサ電源ライン V_L2 と第2センサ接地ラインGND2とを接続するバイパスコンデンサ C_{23} 及び C_{24} を設けることにより、第2センサ電源 V_s2 のスイッチングにより生じた電磁ノイズが、第2センサ34に与える影響を抑制し、この結果、第2セ

ンサ信号の安定性を向上できる。

[0187] (3) 電源管理部50に近接する位置

電源管理部50と近接する位置においてハーネス35の第2センサ電源ラインVL2と接地ラインGNDとを接続するデカップリングコンデンサC32(図22参照)を設けることにより、第2センサ電源Vs2がスイッチングされたときに発生する電源の電圧変動が、ハーネス35へ進入することを抑制し、ハーネス35により供給される電源を安定化できる。また、ハーネス35から生じるノイズを低減できる。

なお、イグニッションキー11がオンの場合(すなわち第2センサ電源Vs2が連続的に供給されている場合)においても、上記の3箇所(1)~(3)にバイパスコンデンサやデカップリングコンデンサを接続することにより、外部からのノイズが第2センサ34へ及ぼす影響を抑制できるので、第2センサ信号の安定性を向上できる。

[0188] 第2センサ電源Vs2の第2センサ電源ラインVL2と同様に、第1センサ電源Vs1の第1センサ電源ラインVL1に、バイパスコンデンサやデカップリングコンデンサを設けてもよい。本実施形態では、第1オフセット電圧出力回路38の入力端子と第1センサ接地ラインGND1とを接続するデカップリングコンデンサC11(図21参照)を設ける。

また、第1センサ33と近接する位置において第1センサ電源ラインVL1と第1センサ接地ラインGND1とを接続するバイパスコンデンサC21及びC22を設ける。

また、電源管理部50と近接する位置においてハーネス35の第1センサ電源ラインVL1と接地ラインGNDとを接続するデカップリングコンデンサC31(図22参照)を設ける。

[0189] さらに、ハーネス35とのコネクタに近接する位置において、センサユニット30側の第1センサ電源ラインVL1と第1センサ接地ラインGND1とを接続する、静電気放電サージ(ESD)対策用のバイパスコンデンサCe1と、センサユニット30側の第2センサ電源ラインVL2と第2センサ

接地ラインGND2とを接続する、ESD対策用のバイパスコンデンサC_e2を設けてもよい。

[0190] (第4実施形態の効果)

(1) 実施形態の回転角検出装置は、モータ20のモータ回転軸21の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだ第1センサ信号と、モータ回転軸21の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだ第2センサ信号とを出力するセンサユニット30と、センサユニット30に電源を供給するとともに第1センサ信号及び第2センサ信号に基づいてモータ回転軸21の回転角を表す回転角情報を算出するコントローラ40と、コントローラ40及びセンサユニット30を接続し、コントローラ40からセンサユニット30へ電源を伝送し、センサユニット30からコントローラ40へ第1センサ信号及び第2センサ信号を伝送するハーネス35と、を備える。

[0191] センサユニット30は、ハーネス35を介してコントローラ40から供給された第1センサ電源V_s1により駆動されてモータ回転軸21の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を出力する第1センサ33と、第1センサ33の出力信号を増幅して第1センサ信号として出力する第1増幅器36と、電源としてハーネス35を介してコントローラ40から供給された第2センサ電源V_s2により駆動されてモータ回転軸21の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を出力する第2センサ34と、第2センサ34の出力信号を増幅して第2センサ信号として出力する第2増幅器37と、ハーネス35を介してコントローラ40から供給された第1センサ電源V_s1及び第2センサ電源V_s2の電圧をそれぞれ分圧する第1分圧抵抗R_d11及びR_d12並びに第2分圧抵抗R_d21及びR_d22と、第1分圧抵抗R_d11及びR_d12並びに第2分圧抵抗R_d21及びR_d22の接続点からそれぞれ分圧電圧が入力され第1増幅器36及び第2増幅器37にオフセット電圧を付与する第1オフセット電圧出力回路38及び第2オフセット電圧出力回路39と、第2オフセット電圧出力回路39の入力端子とグラウンドとを接続するデカップリングコンデンサC₁2と、を備える。

コントローラ40は、電源スイッチがオンである場合に第1センサ電源Vs1及び第2センサ電源Vs2として連続的な電力を供給し、電源スイッチがオフである場合に第1センサ電源Vs1の供給を停止するとともに第2センサ電源Vs2として間欠的な電力を供給する電源管理部50を備える。

[0192] このようなデカップリングコンデンサC12を設けることにより、第2センサ電源Vs2が間欠的に供給される場合に、第2センサ電源Vs2がスイッチングされても、その過渡電流による電源の電圧変動は、分圧抵抗Rd21とデカップリングコンデンサC12により形成されるローパスフィルタによって遮断され、第2センサ信号の直流成分の変動が抑制される。この結果、第2センサ信号の安定性を向上できる。

[0193] (2) センサユニット30は、第2センサ34と近接する位置において第2センサ電源Vs2の電源ラインとグラウンドとを接続するバイパスコンデンサC23及びC24を備えてもよい。

このようなバイパスコンデンサC23及びC24を設けることにより、第2センサ電源Vs2のスイッチングにより生じた電磁ノイズが、第2センサ34に与える影響を抑制し、この結果、第2センサ信号の安定性を向上できる。

[0194] (3) コントローラ40は、電源管理部50と近接する位置においてハーネス35の第2センサ電源Vs2の電源ラインとグラウンドとを接続するデカップリングコンデンサC32を備えてもよい。

このようなデカップリングコンデンサC32を設けることにより、第2センサ電源Vs2がスイッチングされたときに発生する電源の電圧変動が、ハーネス35へ進入することを抑制し、ハーネス35により供給される電源を安定化できる。また、ハーネス35から生じるノイズを低減できる。

[0195] (4) センサユニット30は、第1センサ33と近接する位置において第1センサ電源Vs1の電源ラインとグラウンドとを接続するバイパスコンデンサC21及びC22を備えてもよい。

このようなバイパスコンデンサC22及びC22を設けることにより、第

1 センサ電源 V_{s1} のスイッチングにより生じた電磁ノイズが、第1センサ33に与える影響を抑制し、この結果、第1センサ信号の安定性を向上できる。

[0196] なお、上述した第1実施形態～第4実施形態の構成を、適宜組み合わせてもよい。例えば、第3実施形態の電源管理部50の電源制御部56は、第2実施形態の電源制御部56と同様の構成及び方法で、第2センサ34を駆動する駆動間隔を変更してもよい。

また、例えば第2実施形態のコンパレータ58a、58bは、第3実施形態と同様に、イグニションキー11がオンである場合に第3電源供給部54から供給される連続的な第2センサ電源 V_{s2} を電源として動作して第2センサ電源 V_{s2} の電圧に基づく閾値電圧 V_r と第2センサ信号とを比較し、イグニションキー11がオフである場合に第3電源供給部54から供給される間欠的な第2センサ電源 V_{s2} を電源として動作して第2センサ電源 V_{s2} の電圧に基づく閾値電圧 V_r と第2センサ信号とを比較し、正弦カウンタ58c及び余弦カウンタ58dは、内部電源 V_p を電源として動作してよい。

また、例えば第1実施形態～第3実施形態のセンサユニット30及びコントローラ40に、第4実施形態と同様のバイパスコンデンサを設けてもよい。

[0197] (変形例)

以上の説明では、本発明の回転角検出装置を、いわゆる上流アシスト方式と呼ばれるコラムアシスト方式の電動パワーステアリング装置に適用する例について記載したが、本発明の回転角検出装置は、いわゆる下流アシスト方式の電動パワーステアリング装置に適用してもよい。以下、下流アシスト方式の電動パワーステアリング装置の例として、シングルピニオンアシスト方式、ラックアシスト方式、デュアルピニオンアシスト方式の電動パワーステアリング装置に、本発明の回転角検出装置を適用する構成例を説明する。

なお、下流アシスト方式の場合には、防水対策のためモータ20、センサ

ユニット 30、コントローラ 40 は別体ではなく、図 23～図 25 の破線で示すように一体構造の MCU (Motor Control Unit) としてよい。この場合、上記の第 1 センサ 33 と第 2 センサ 34 となるセンサ IC は、コントローラ 40 の回路基板に内蔵してよい。

[0198] 図 23 は、シングルピニオンアシスト方式の電動パワーステアリング装置に、本発明の回転角検出装置を適用する構成例を示す。コラム軸 2 i 及び 2 o 並びにこれらを連結するトーションバー (図示せず) に代えてコラム軸 2 を備える。操向ハンドル 1 は、コラム軸 2 を経て、インターミディエイトシャフトの一方のユニバーサルジョイント 4 A と連結されている。また、他方のユニバーサルジョイント 4 B には、トーションバー (図示せず) の入力側シャフト 4 C が連結されている。

ピニオンラック機構 5 は、ピニオン軸 5 A、ピニオンギア 5 B 及びラックバー 5 C を備える。入力側シャフト 4 C とピニオンラック機構 5 とは、入力側シャフト 4 C とピニオンラック機構 5 との間の回転角のずれによってねじれるトーションバー (図示せず) によって連結されている。トルクセンサ 10 は、トーションバーのねじれ角を、操向ハンドル 1 の操舵トルク T_h として電磁気的に測定する。

ピニオン軸 5 A には、操向ハンドル 1 の操舵力を補助するモータ 20 が減速ギア 3 を介して連結されており、センサユニット 30 は、上記実施形態と同様にモータ 20 のモータ回転軸の回転角情報を算出する。

[0199] 図 24 は、ラックアシスト方式の電動パワーステアリング装置に、本発明の回転角検出装置を適用する構成例を示す。ラックバー 5 C の外周面には螺旋溝 (図示せず) が形成され、これと同様のリードの螺旋溝 (図示せず) がナット 7 A の内周面にも形成されている。これら螺旋溝によって形成される転動路に複数の転動体が配置されることによりボールネジが形成されている。

操向ハンドル 1 の操舵力を補助するモータ 20 の回転軸 20 a に連結する駆動プーリ 7 B とナット 7 A に連結する従動プーリ 7 C にはベルト 7 D が巻

きかけられており、回転軸 20a の回転運動がラックバー 5C の直進運動に変換される。センサユニット 30 は、上記実施形態と同様にモータ 20 のモータ回転軸の回転角情報を算出する。

[0200] 図 25 は、デュアルピニオンアシスト方式の電動パワーステアリング装置に、本発明の回転角検出装置を適用する構成例を示す。デュアルピニオンアシスト方式の電動パワーステアリング装置は、ピニオン軸 5A、ピニオンギア 5B に加えて、第 2 ピニオン軸 8A、第 2 ピニオンギア 8B を有し、ラックバー 5C は、ピニオンギア 5B と噛合する第 1 ラック歯（図示せず）と、第 2 ピニオンギア 8B と噛合する第 2 ラック歯（図示せず）を有する。

第 2 ピニオン軸 8A には、操向ハンドル 1 の操舵力を補助するモータ 20 が減速ギア 3 を介して連結されており、センサユニット 30 は、上記実施形態と同様にモータ 20 のモータ回転軸の回転角情報を算出する。

符号の説明

[0201] 1…操向ハンドル、2i…コラム軸（入力軸）、2o…コラム軸（出力軸）、3…減速ギア、4A、4B…ユニバーサルジョイント、5…ピニオンラック機構、6…タイロッド、10…トルクセンサ、11…イグニッションキー（電源スイッチ）、12…車速センサ、14…バッテリー、20…モータ、30…センサユニット、33…第 1 センサ、34…第 2 センサ、35…ハーネス、36…第 1 増幅器、37…第 2 増幅器、38…第 1 オフセット電圧出力回路、39…第 2 オフセット電圧出力回路、40…コントローラ、50…電源管理部、51…レギュレータ、52…第 1 電源供給部、53…第 2 電源供給部、54…第 3 電源供給部、55…内部電源生成部、56…電源制御部、57…センサ電源判定部、58…回転数検出部、58a…第 1 コンパレータ、58b…第 2 コンパレータ、58c…正弦カウンタ、58d…余弦カウンタ、60…マイクロプロセッサ、61…角度位置算出部、62…カウント合計部、63…回転数情報補正部、63a…第 1 象限情報算出部、63b…第 2 象限情報算出部、63c…象限比較部、63d…補正部、64…回転数算出部、65…角算出部、66…回転角情報算出部、66a、66c…乗算器

、66b、66d…加算器、67…診断部、68…アシスト制御部、C11
、C12、C31、C32…デカップリングコンデンサ、C21～C24、
Ce1、Ce2…バイパスコンデンサ

請求の範囲

- [請求項1] モータのモータ回転軸の回転に応じた正弦信号及び余弦信号を含んだセンサ信号を出力するセンサと、
- 前記センサに電源を供給するセンサ電源供給部と、
- 電源スイッチがオンである場合に前記センサに連続的に電源を供給し、前記電源スイッチがオフである場合に前記センサに間欠的に電源を供給するように前記センサ電源供給部を制御する電源制御部と、
- 前記正弦信号の変化及び前記余弦信号の変化を検出するセンサ信号検出部と、を備え、
- 前記電源制御部は、前記センサに間欠的に電源を供給して前記センサを駆動する駆動間隔を、前記正弦信号及び前記余弦信号の何れの信号の変化も検出されない場合に第1時間間隔に設定し、前記正弦信号及び前記余弦信号の何れか一方の信号のみの変化を検出した場合に前記第1時間間隔より短い第2時間間隔に設定し、前記正弦信号及び前記余弦信号の前記何れか一方の信号の変化を検出した後に他方の信号の変化を検出した場合には前記第2時間間隔より短い第3時間間隔に設定する、
- ことを特徴とするモータの回転角検出装置。
- [請求項2] 前記駆動間隔が前記第1時間間隔よりも短く設定されている期間中に、前記センサに電源を所定の複数回以上間欠的に供給しても、前記正弦信号及び前記余弦信号のいずれの変化も検出しない場合に、前記電源制御部は、前記駆動間隔を前記第1時間間隔まで段階的に延長する、ことを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。
- [請求項3] 前記電源制御部は、前記駆動間隔を短縮することにより、前記センサに電源が供給される期間のデューティ比を大きくすることを特徴とする請求項1又は2に記載の回転角検出装置。
- [請求項4] 前記駆動間隔が前記第3時間間隔であるときの前記デューティ比が10%であることを特徴とする請求項3に記載の回転角検出装置。

- [請求項5] 前記駆動間隔が前記第1時間間隔であるときの前記デューティ比は、前記駆動間隔が前記第3時間間隔であるときの前記デューティ比の $1/3$ であることを特徴とする請求項3又は4に記載の回転角検出装置。
- [請求項6] 前記電源制御部は、前記電源スイッチがオフである場合に前記センサに供給される電源の電圧を、前記電源スイッチがオンである場合よりも下げることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の回転角検出装置。
- [請求項7] 前記電源スイッチがオフである場合に前記センサに供給される電源の電圧は3.3Vであり、前記電源スイッチがオンである場合に前記センサに供給される電源の電圧は5Vであることを特徴とする請求項6に記載の回転角検出装置。
- [請求項8] 前記モータ回転軸の回転に応じた第1センサ信号を出力する第1センサと、
前記第1センサ信号に基づいて前記モータ回転軸の角度位置を表す角度位置情報を算出する角度位置算出部と、
前記センサである第2センサから出力される前記センサ信号に基づいて前記モータ回転軸の回転数を検出し前記回転数を表す回転数情報を出力する回転数検出部と、
前記角度位置情報と前記回転数情報に基づいて前記モータ回転軸の回転角を表す回転角情報を算出する回転角算出部と、
前記第1センサ、前記角度位置算出部、前記回転数検出部及び前記回転角算出部へ電源を供給する電源供給部と、備え、
前記電源制御部は、前記電源スイッチがオンである場合に前記第1センサ、前記角度位置算出部及び前記回転角算出部へ電源を供給し、前記電源スイッチがオフの場合に前記第1センサ、前記角度位置算出部及び前記回転角算出部への電源を停止するように前記電源供給部を制御する、

ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の回転角検出装置。

[請求項9] 車両の操舵軸に設けられたトーションバーを介して連結された入力軸と出力軸との捩れ角に基づいて操舵軸に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサと、

前記車両の操舵機構に操舵補助力を付与するモータと、

前記モータのモータ回転軸の回転角情報を算出する請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の回転角検出装置と、

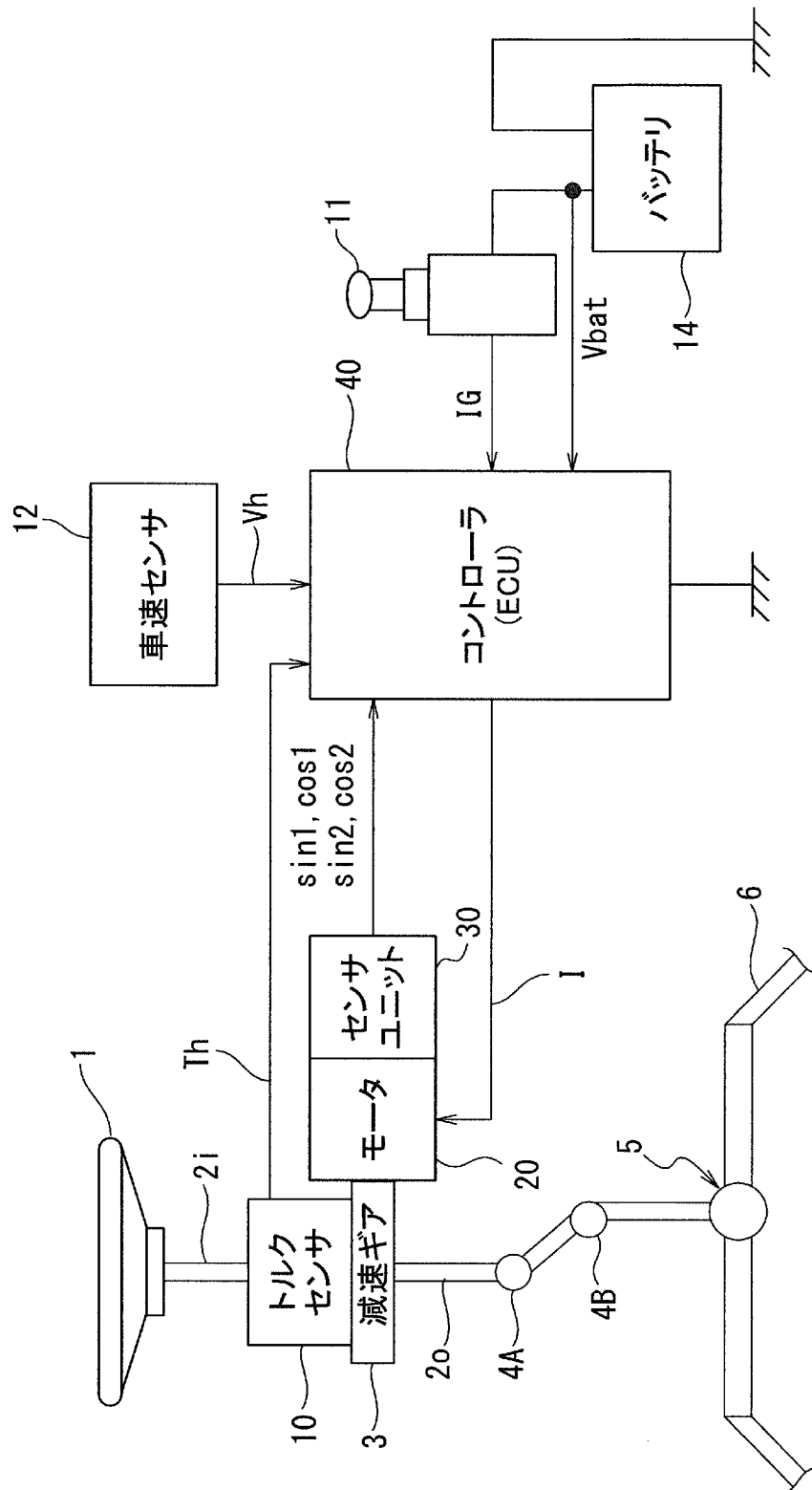
前記操舵トルクに基づいて前記モータを駆動制御するモータ制御部と、

前記捩れ角と、前記減速ギアの減速比と、前記回転角情報とに基づいて、前記入力軸の操舵角を算出する操舵角算出部と、

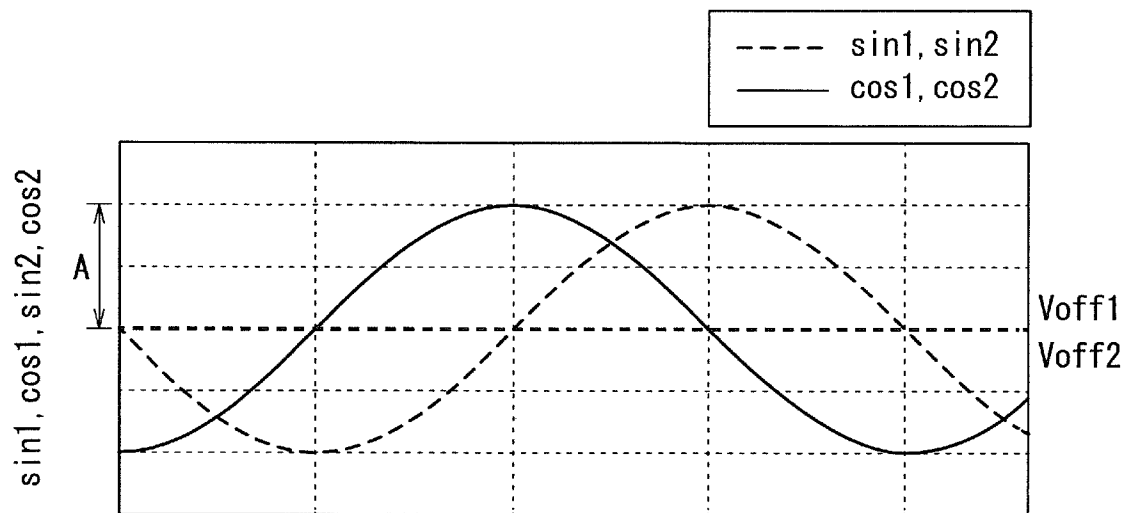
を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[請求項10] 前記操舵角算出部が算出した前記操舵角に基づいて、前記モータにより付与する前記操舵補助力を制御することを特徴とする請求項 9 に記載の電動パワーステアリング装置の制御方法。

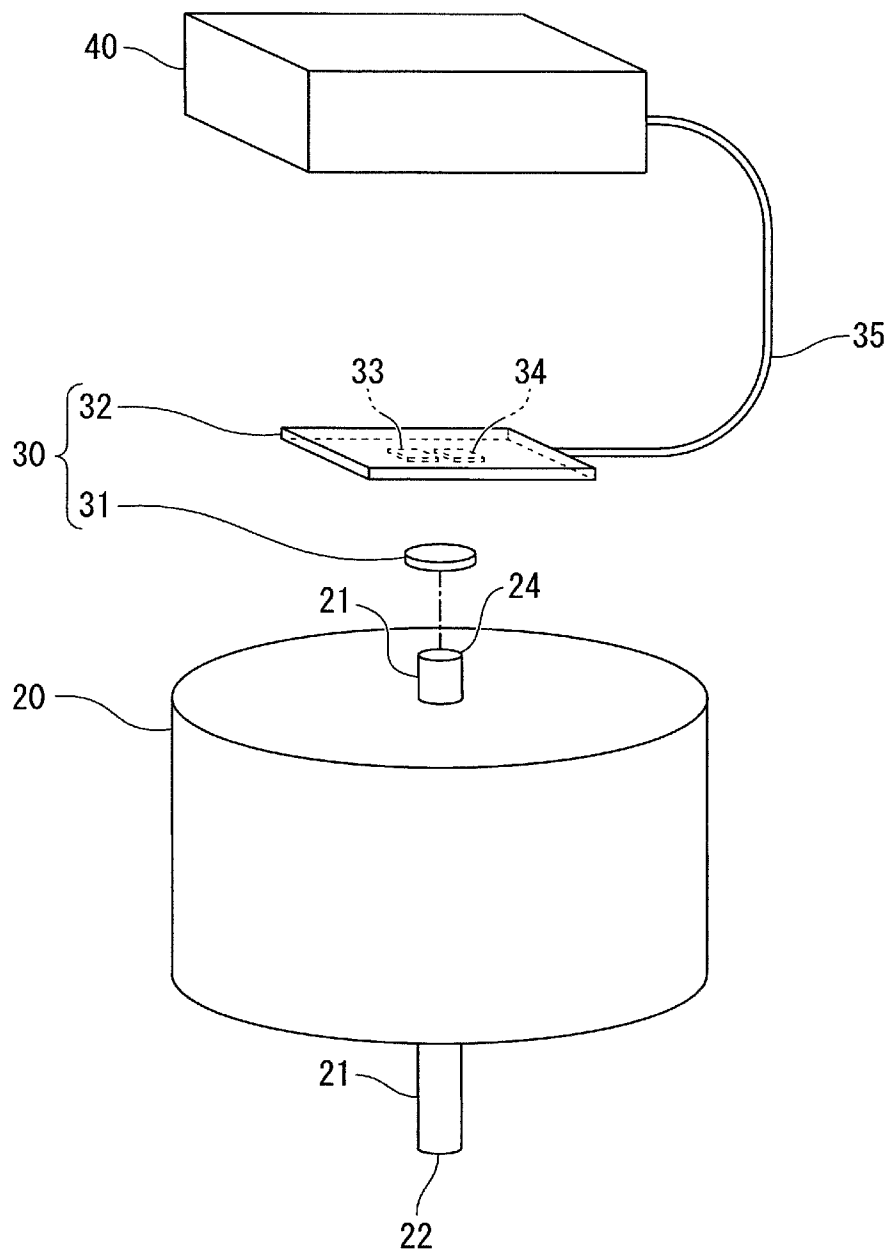
[図1]



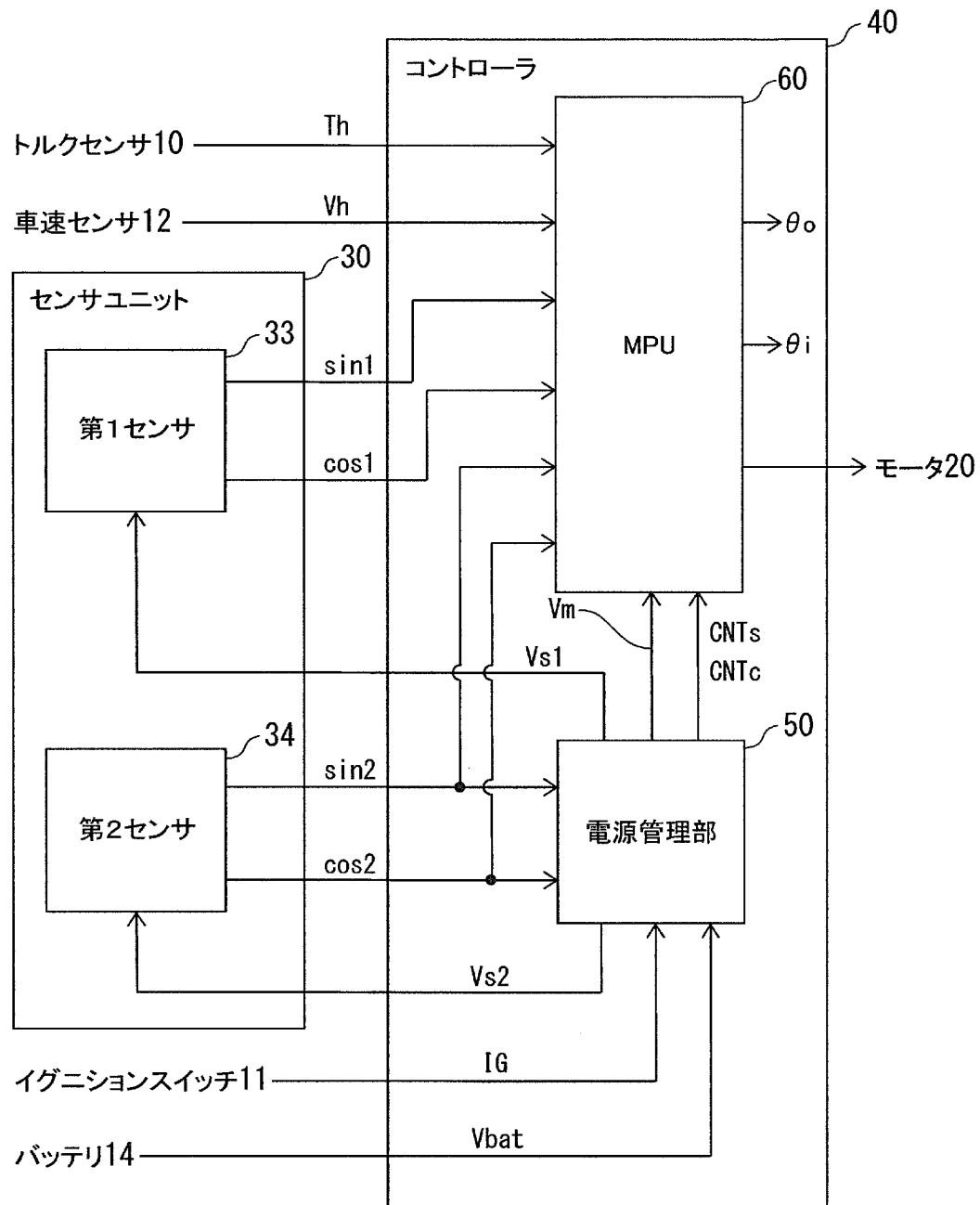
[図2]



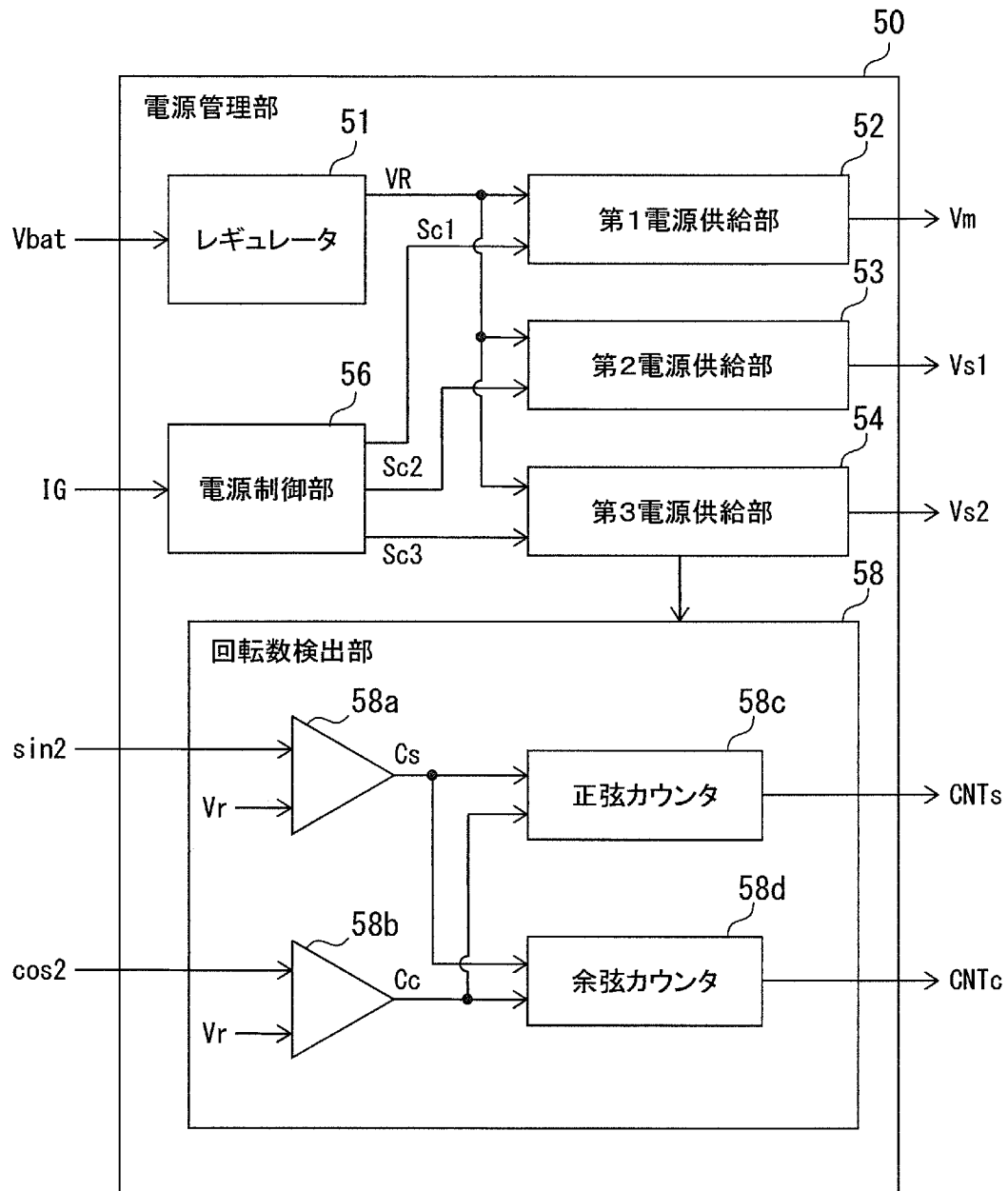
[図3]



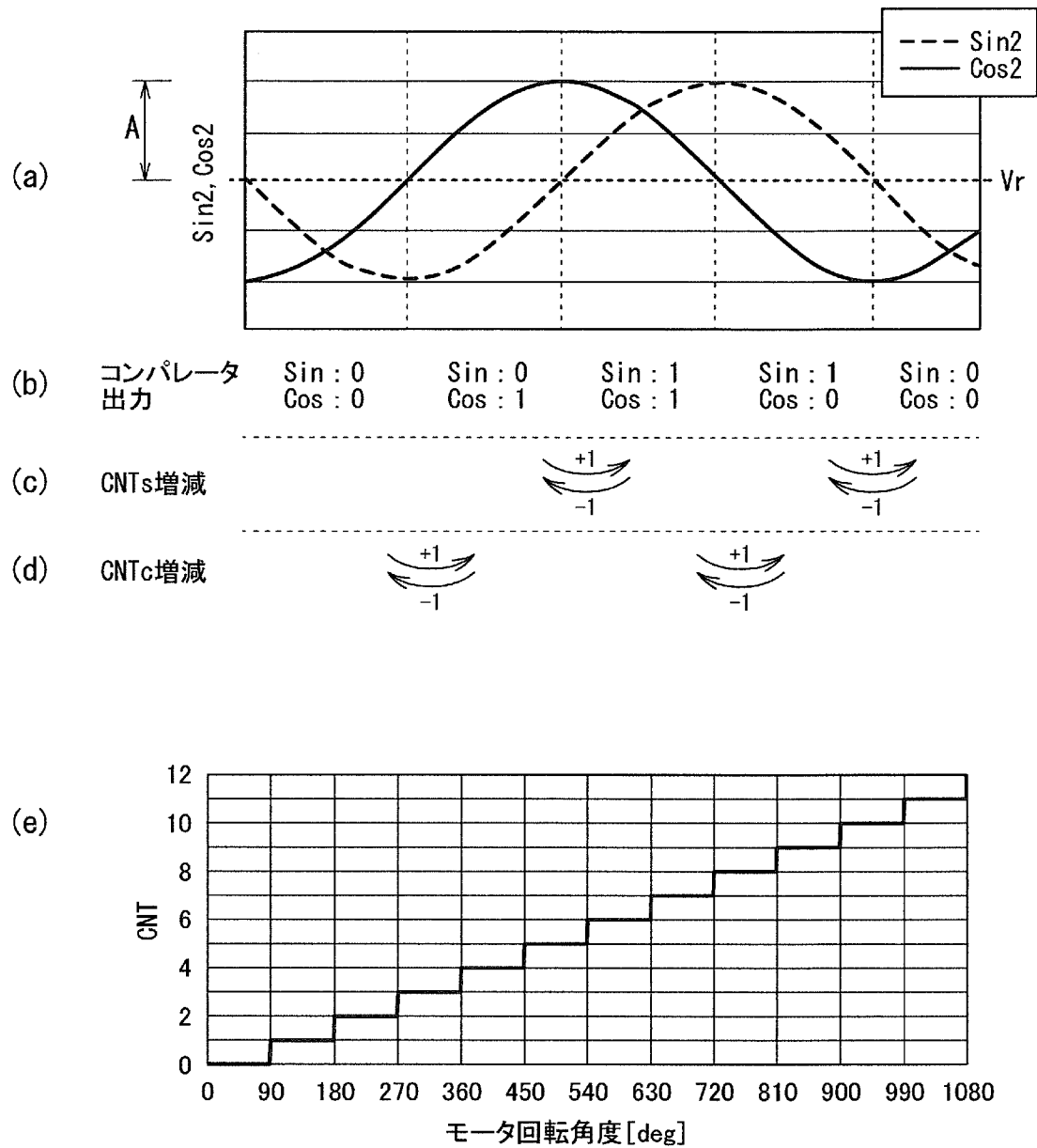
[図4]



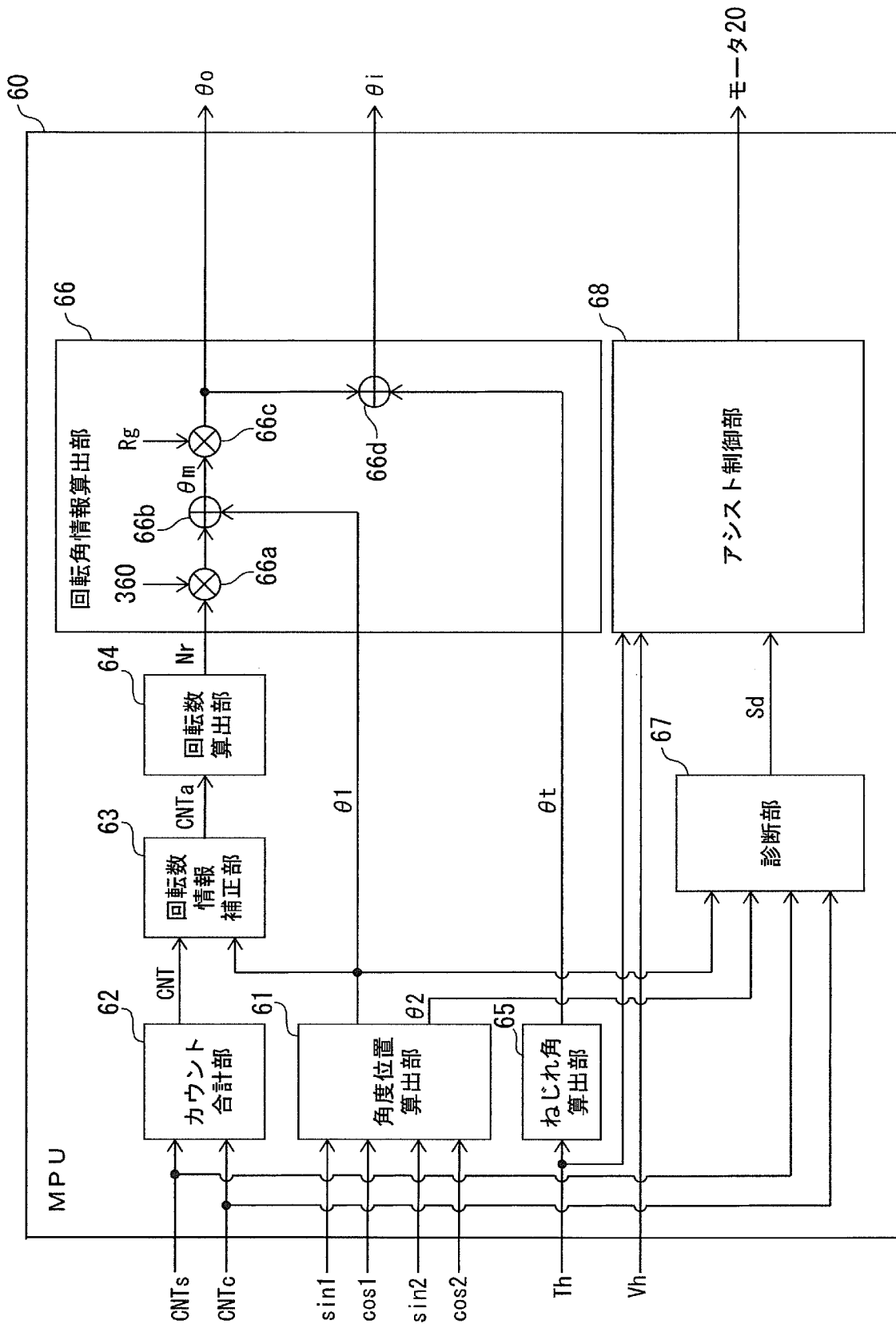
[図5]



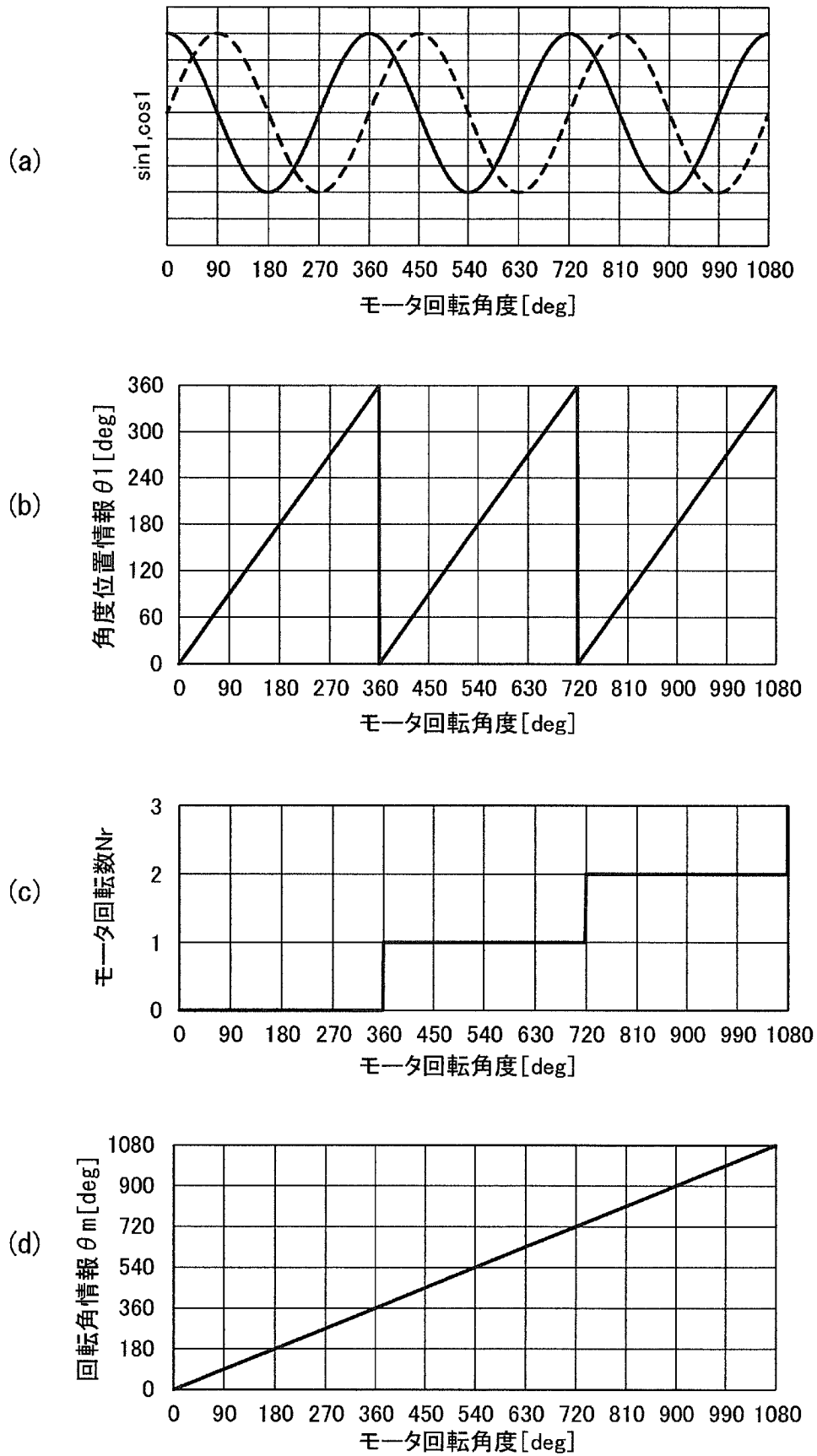
[図6]



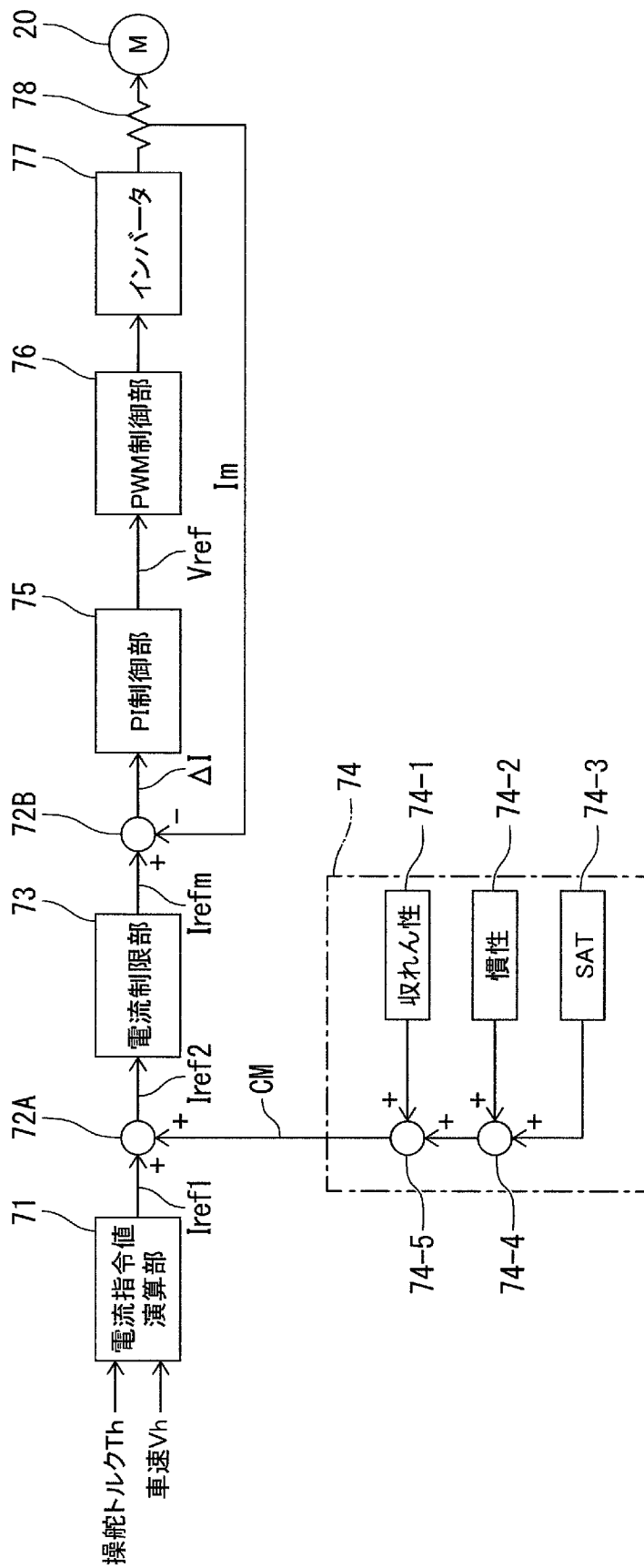
[図7]



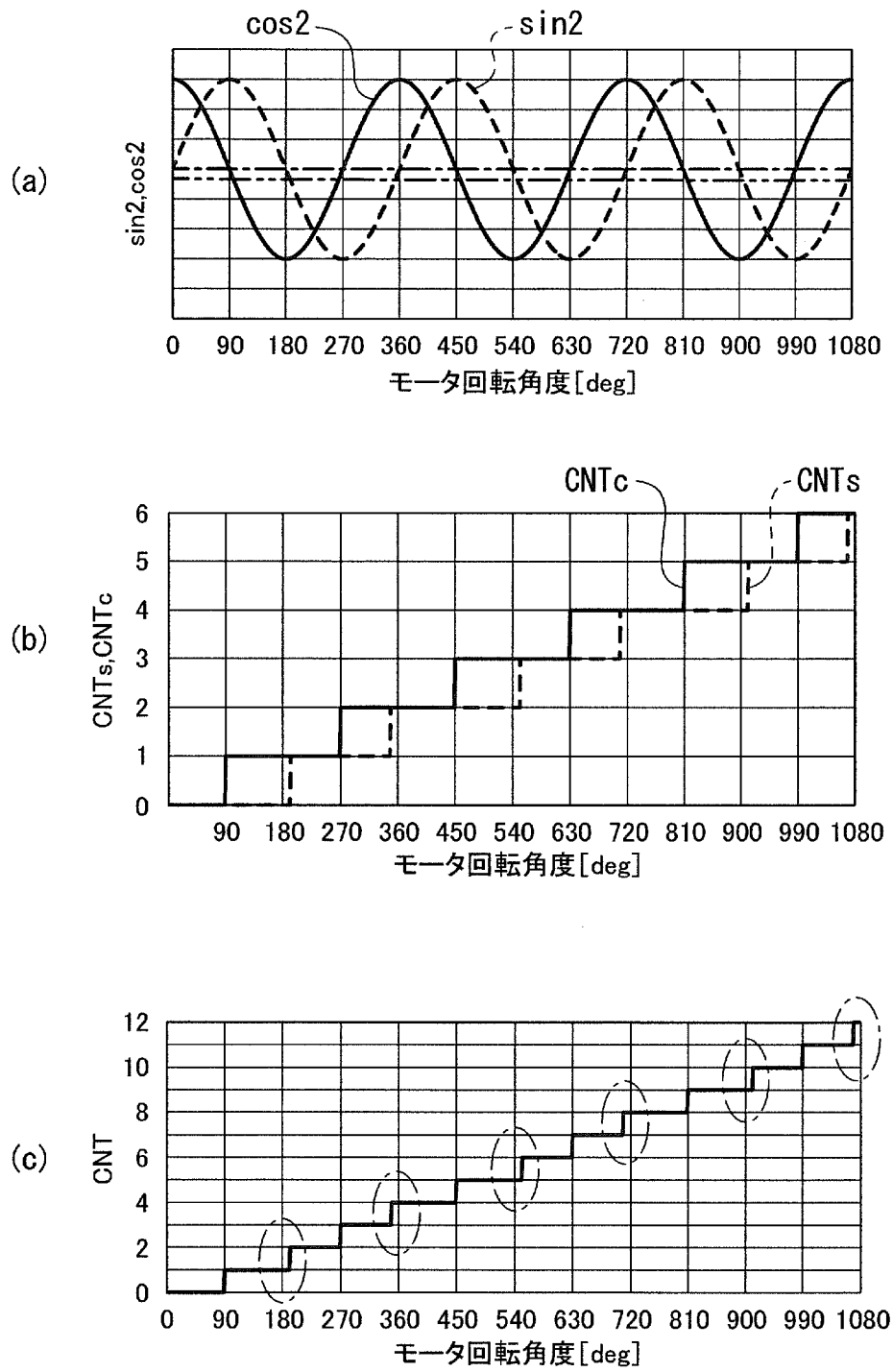
[図8]



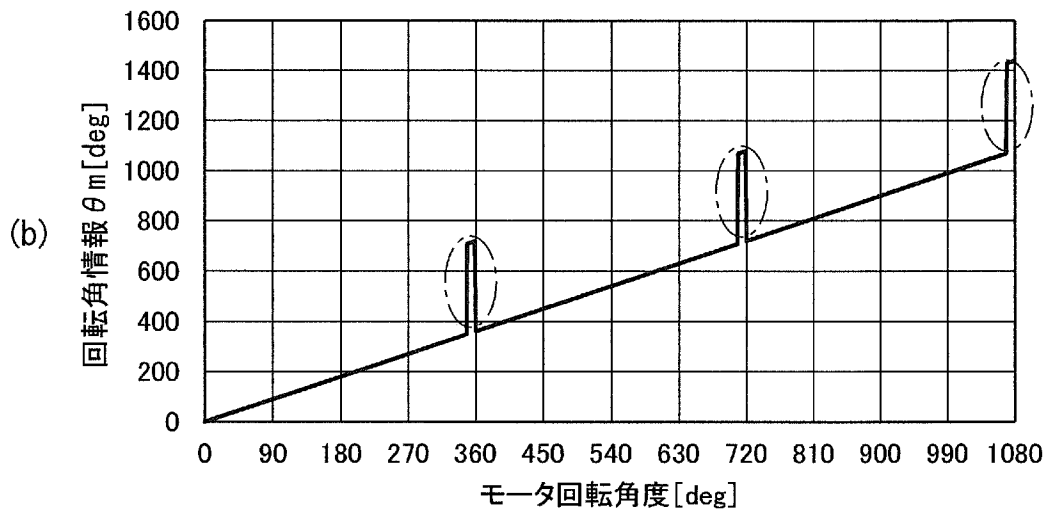
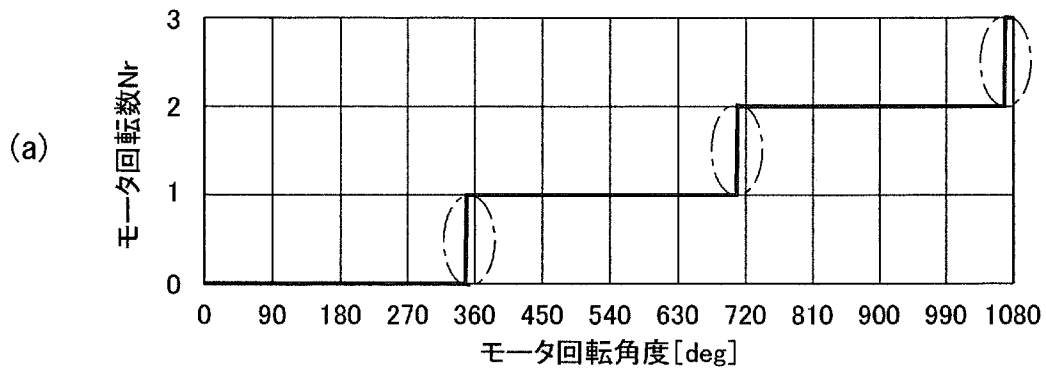
[図9]



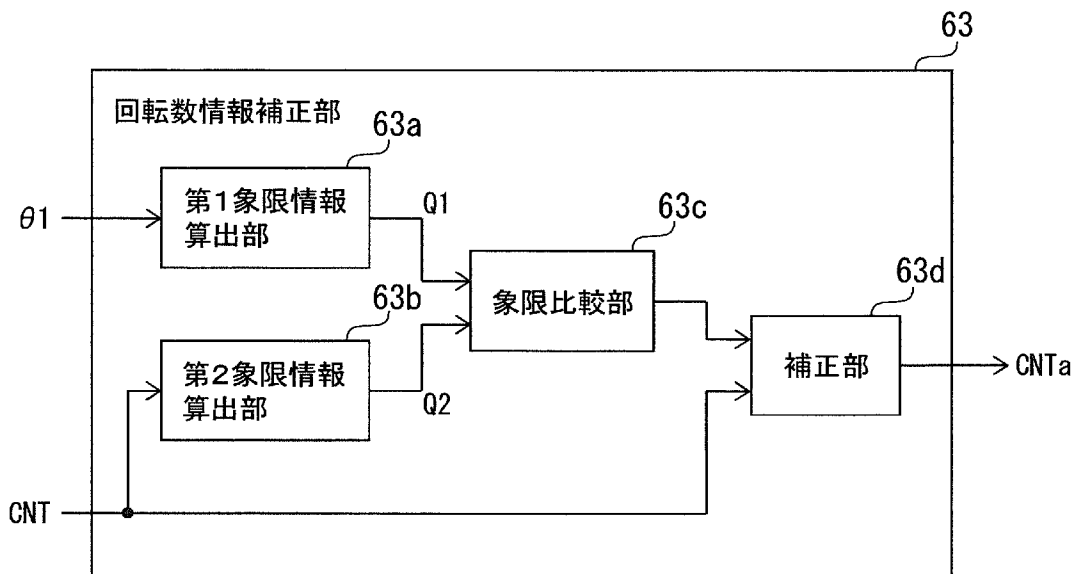
[図10]



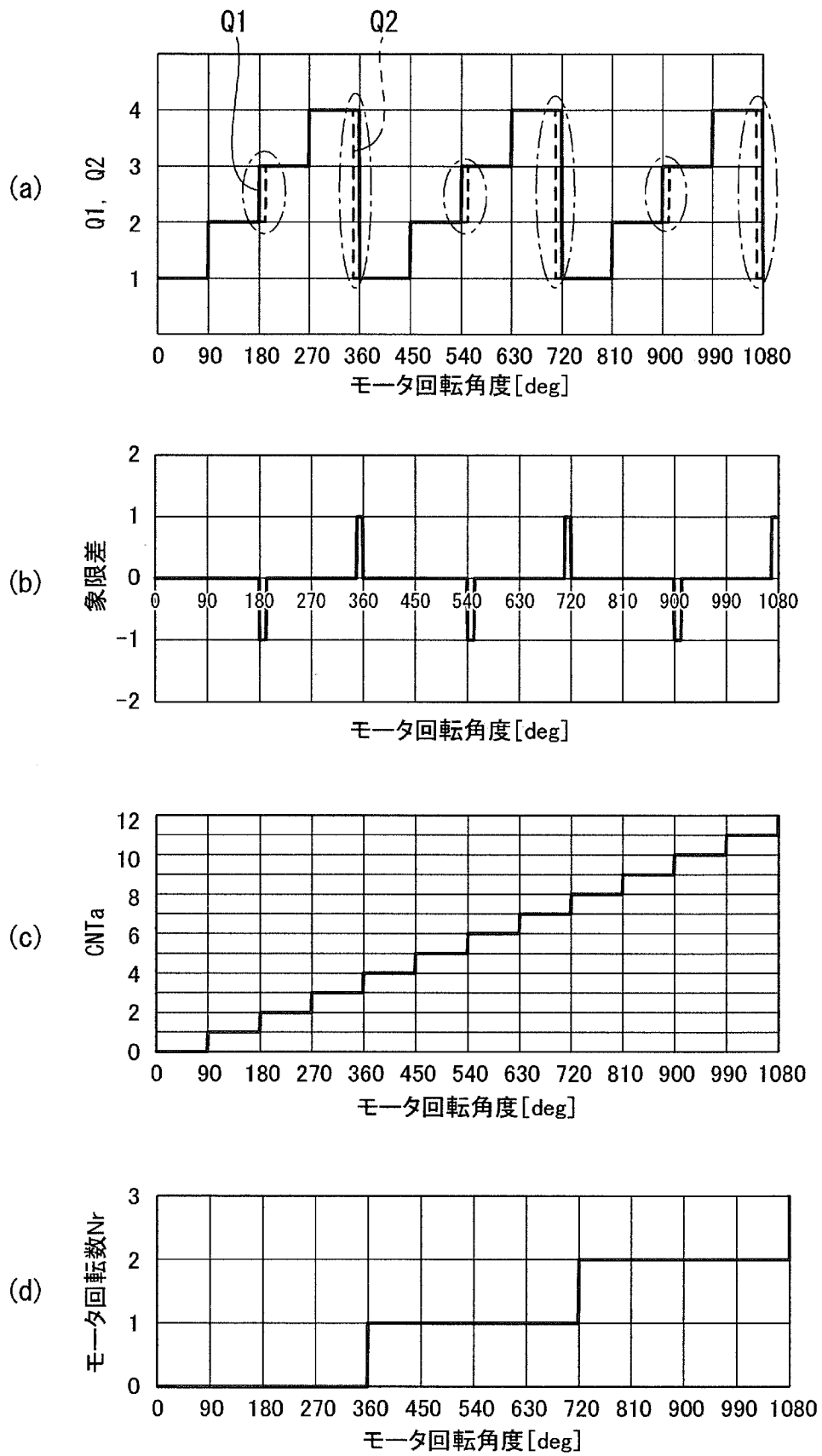
[図11]



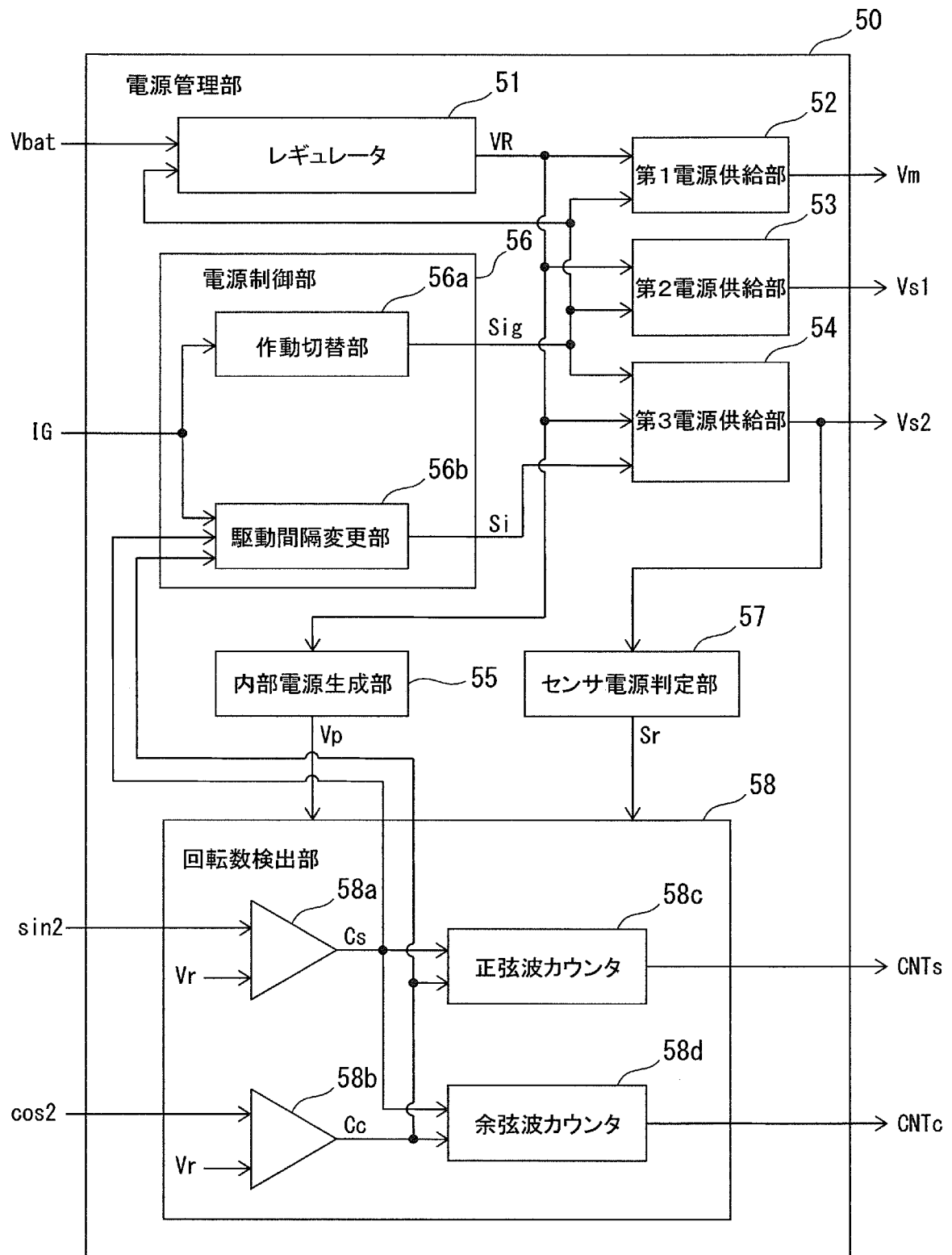
[図12]



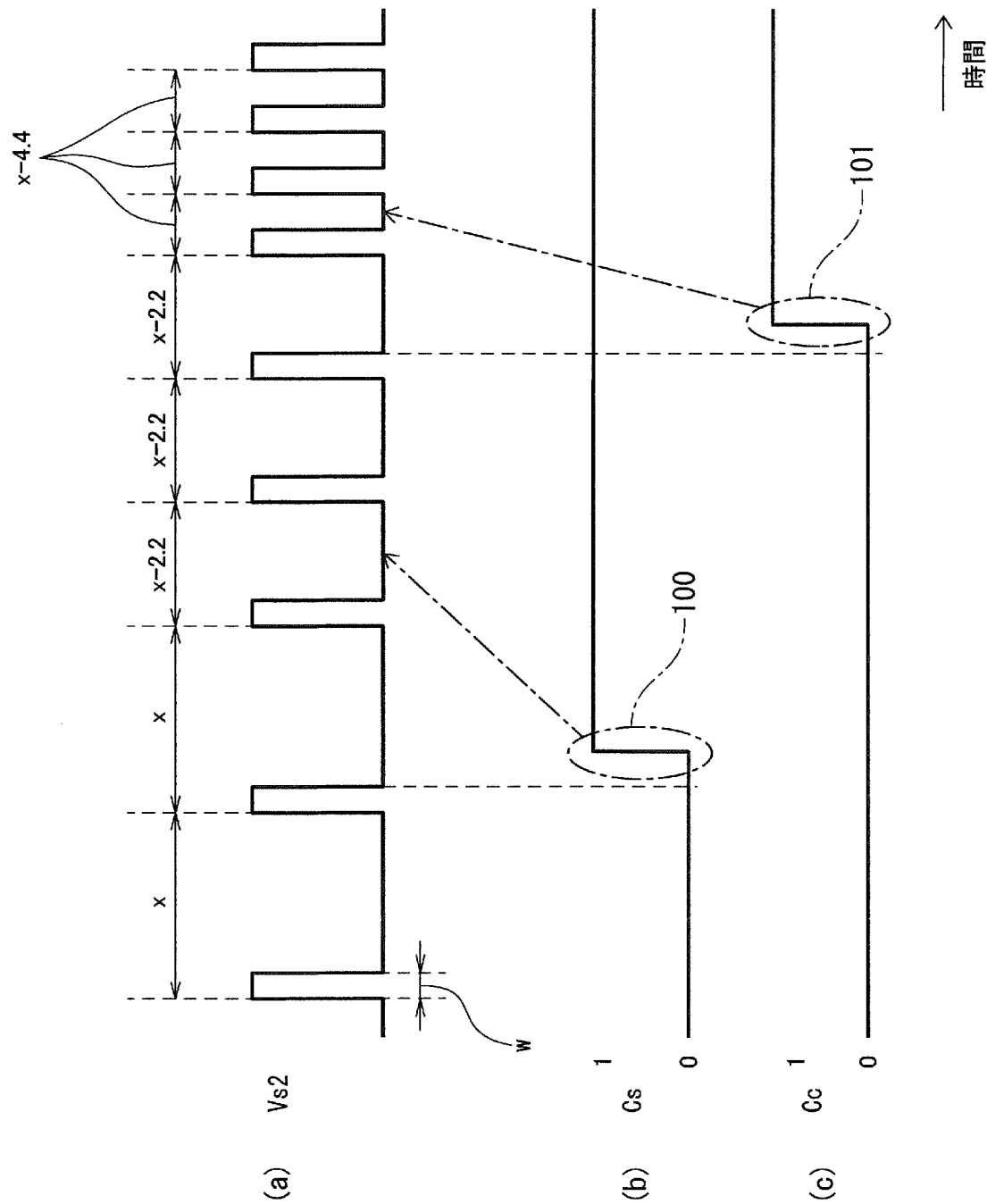
[図13]



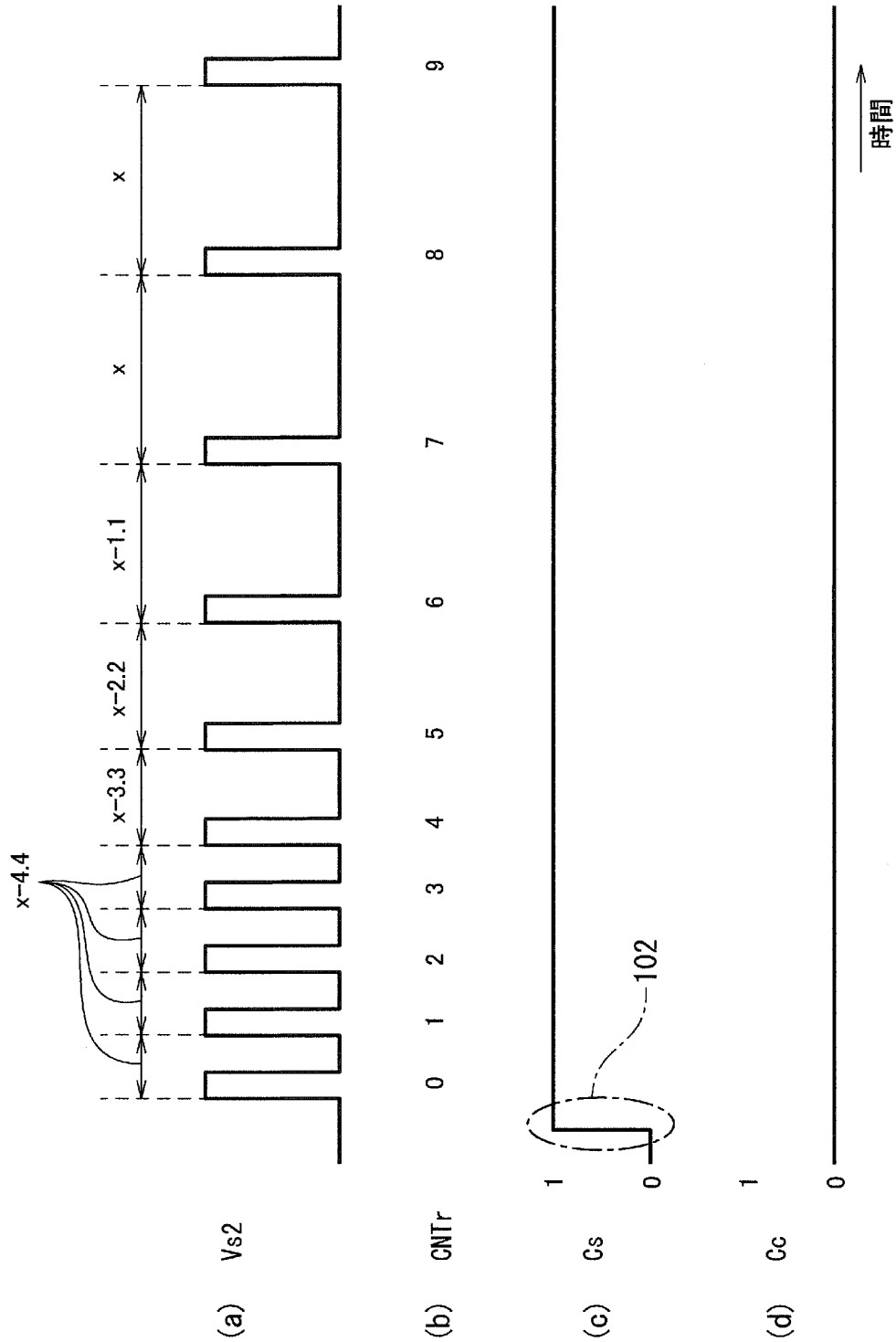
[図14]



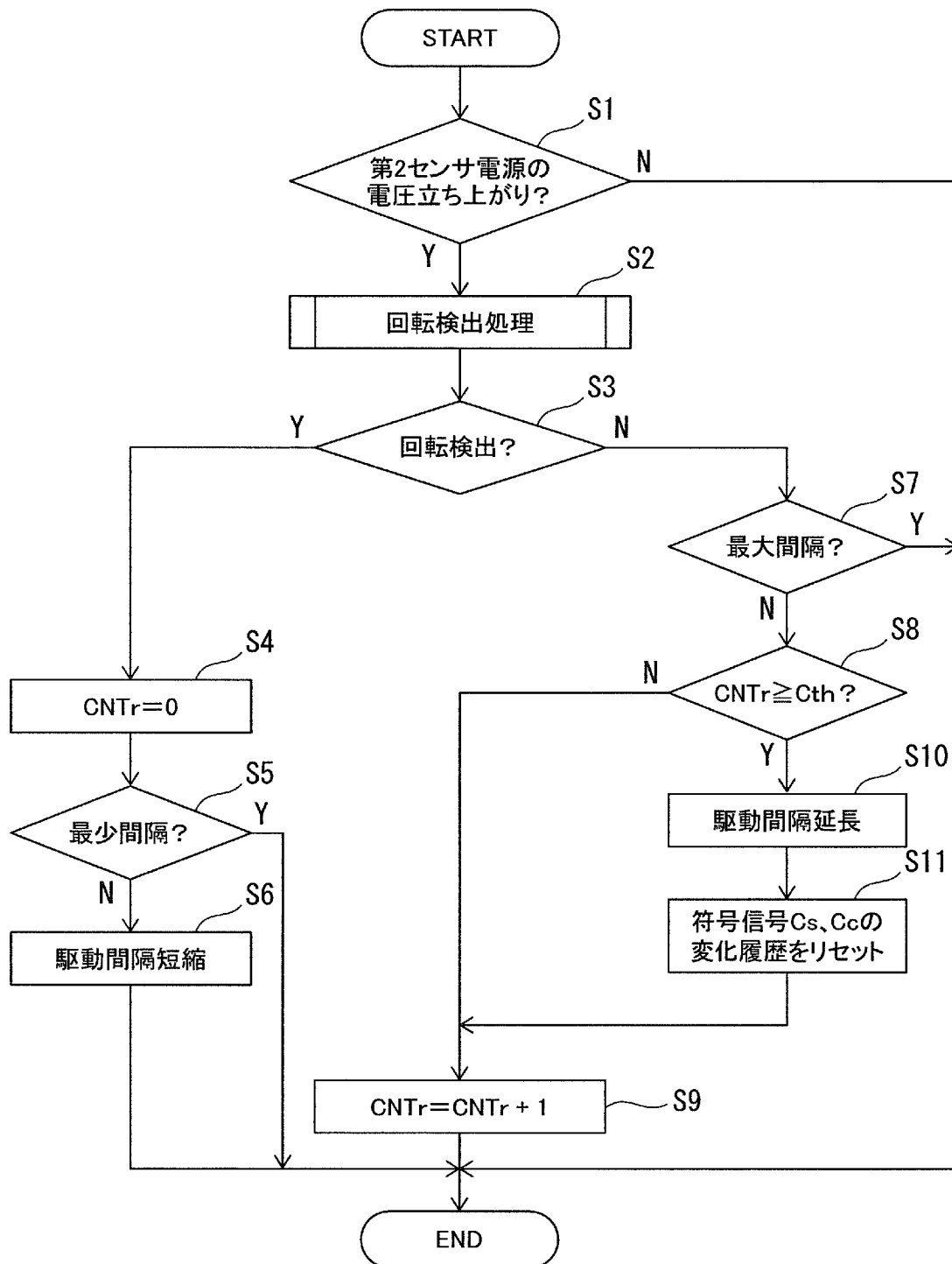
[図15]



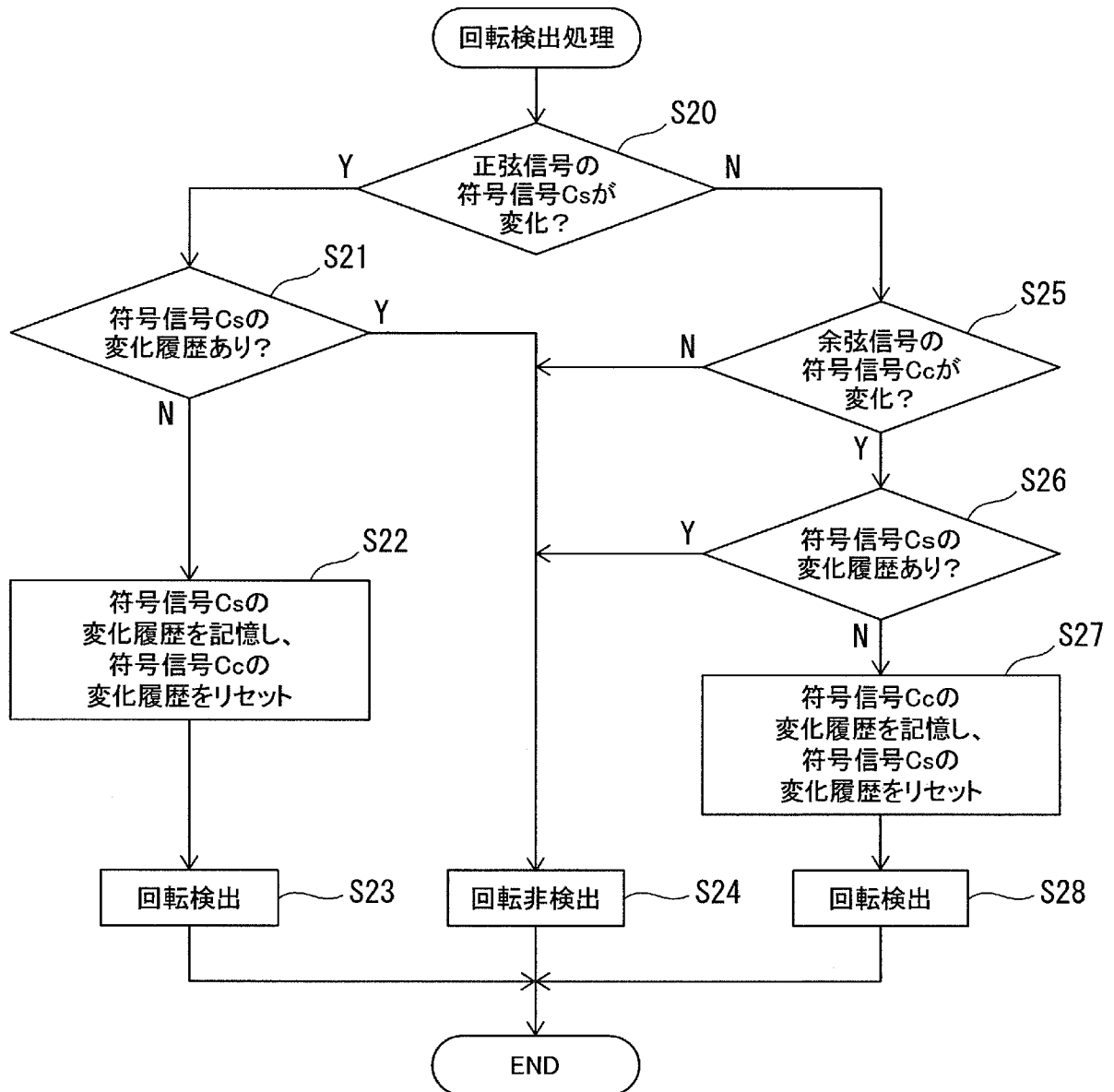
[図16]



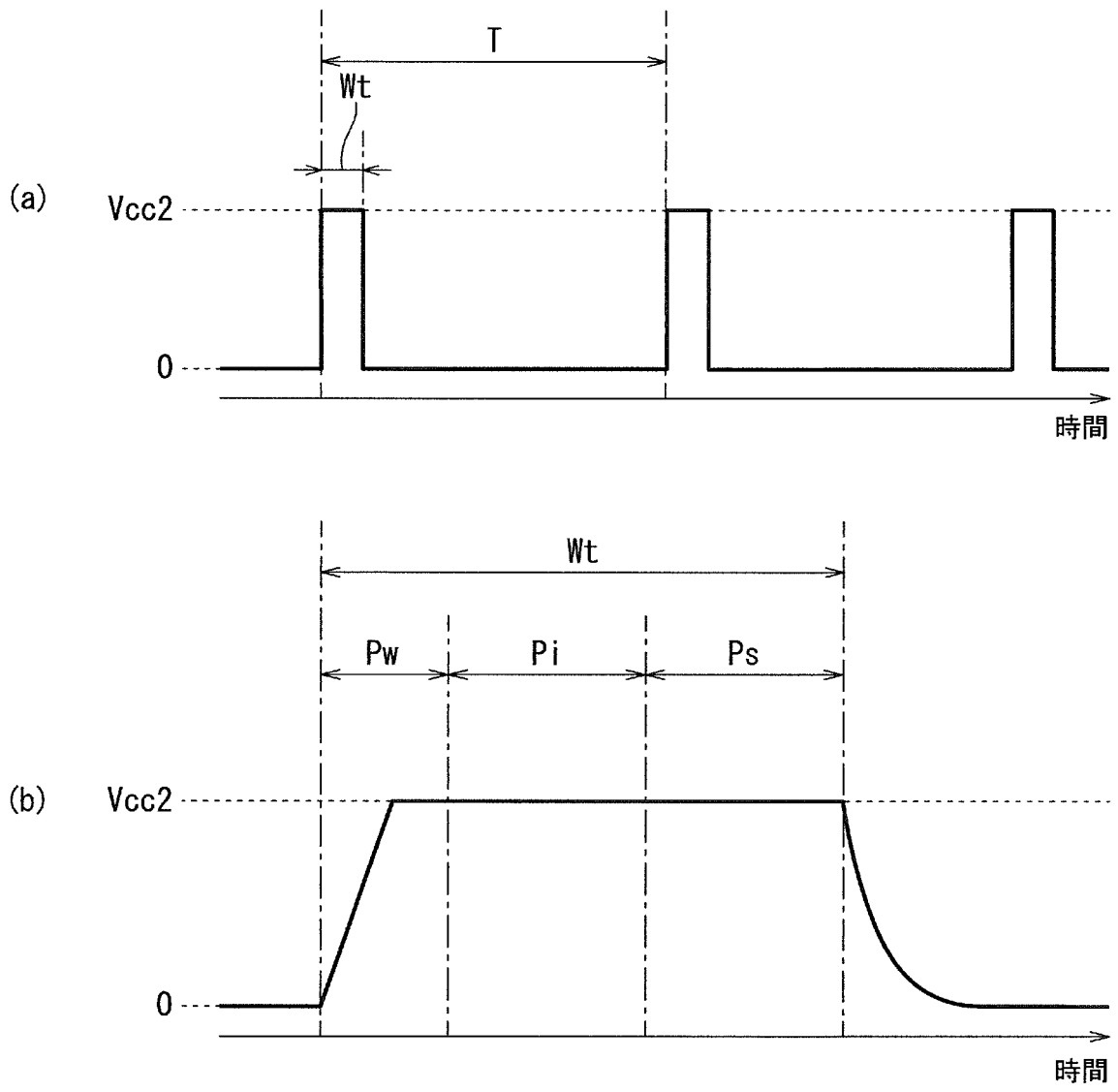
[図17]



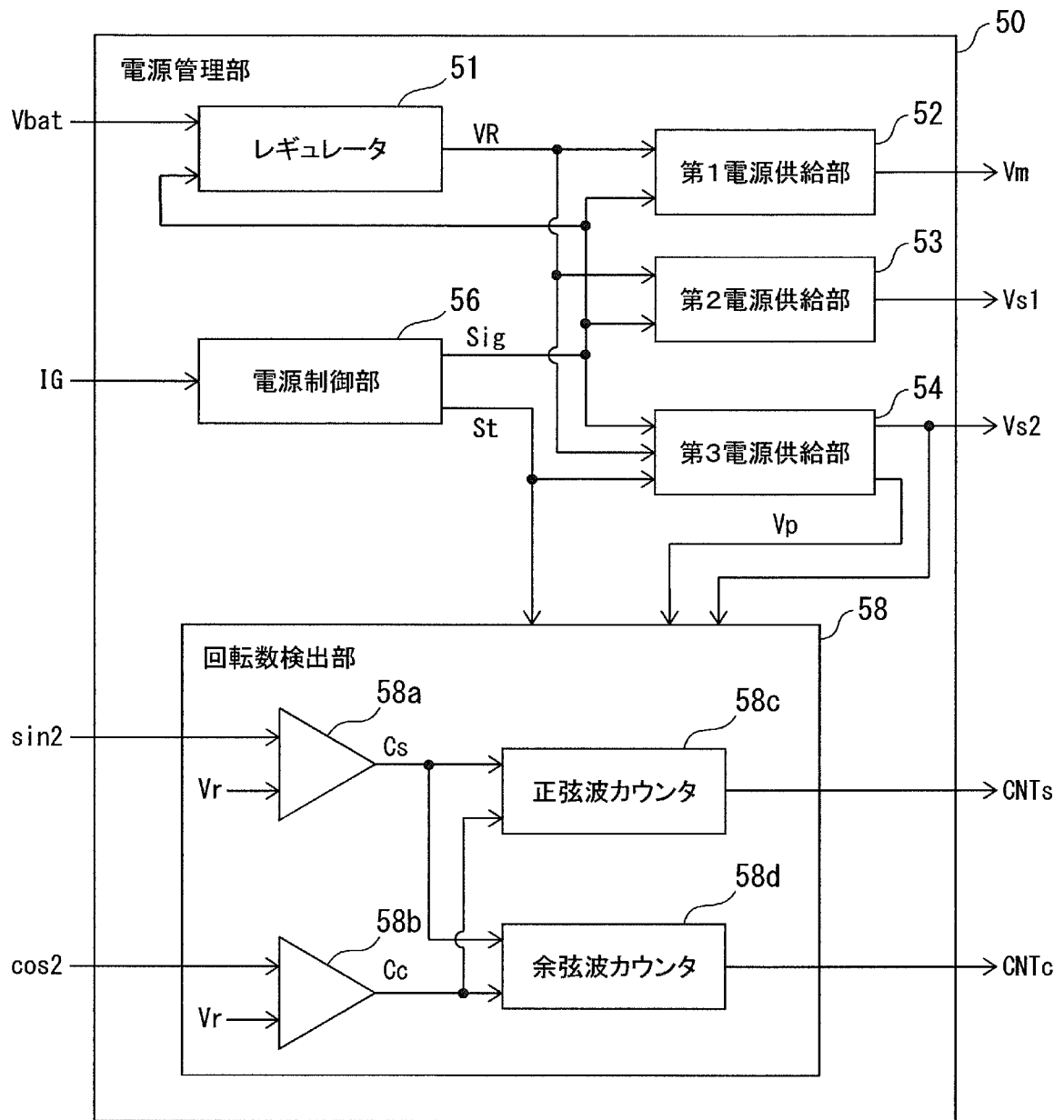
[図18]



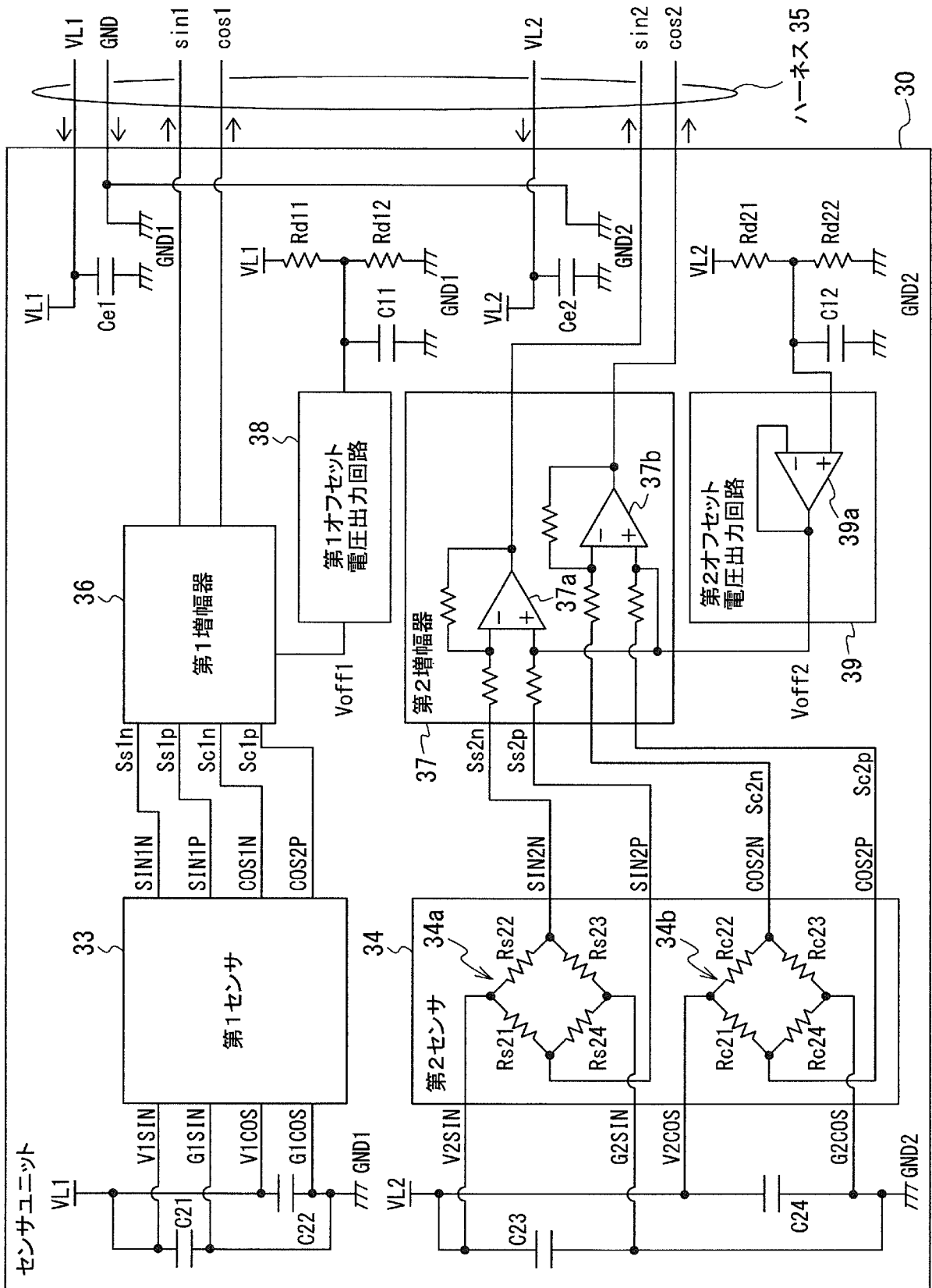
[図19]



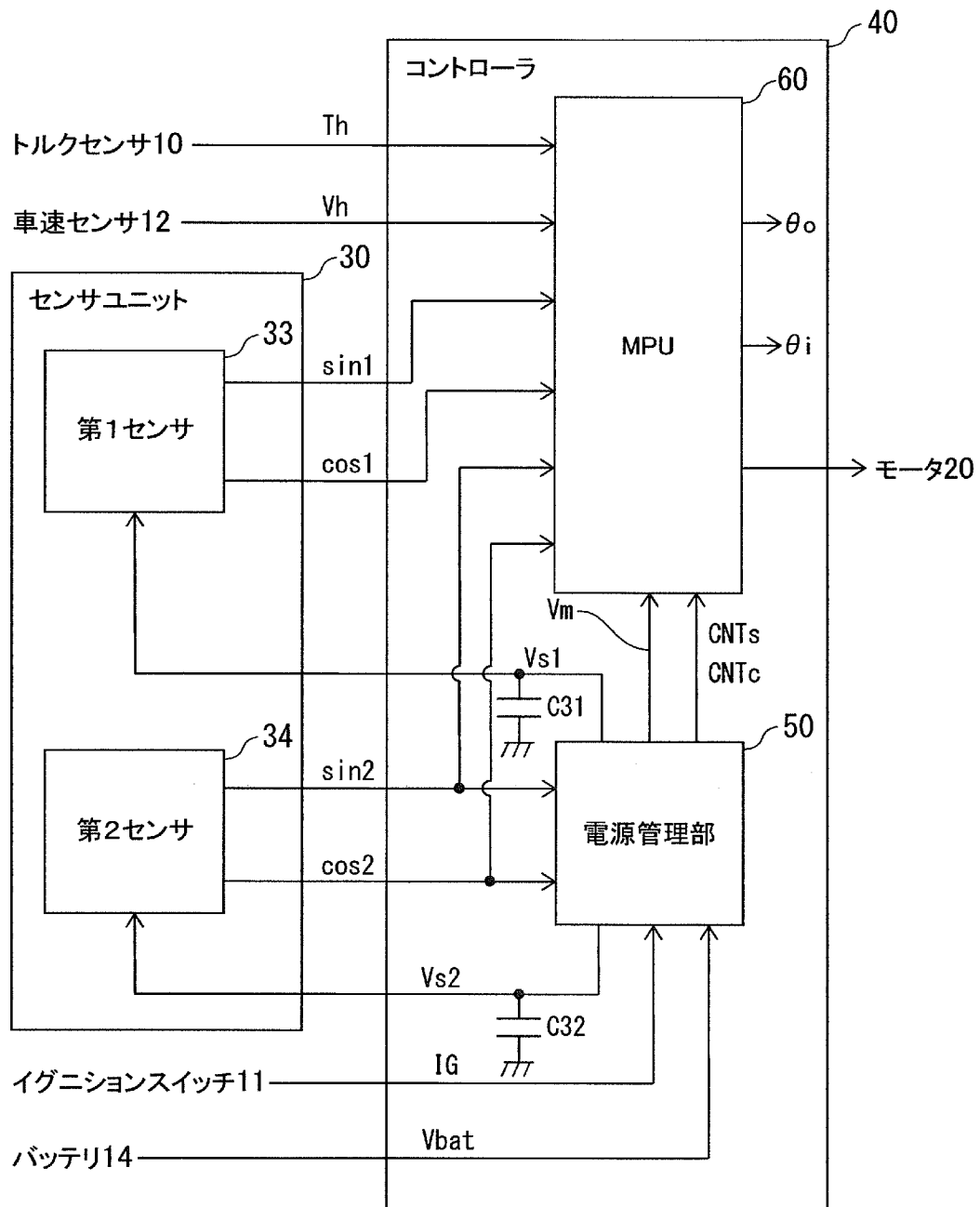
[図20]



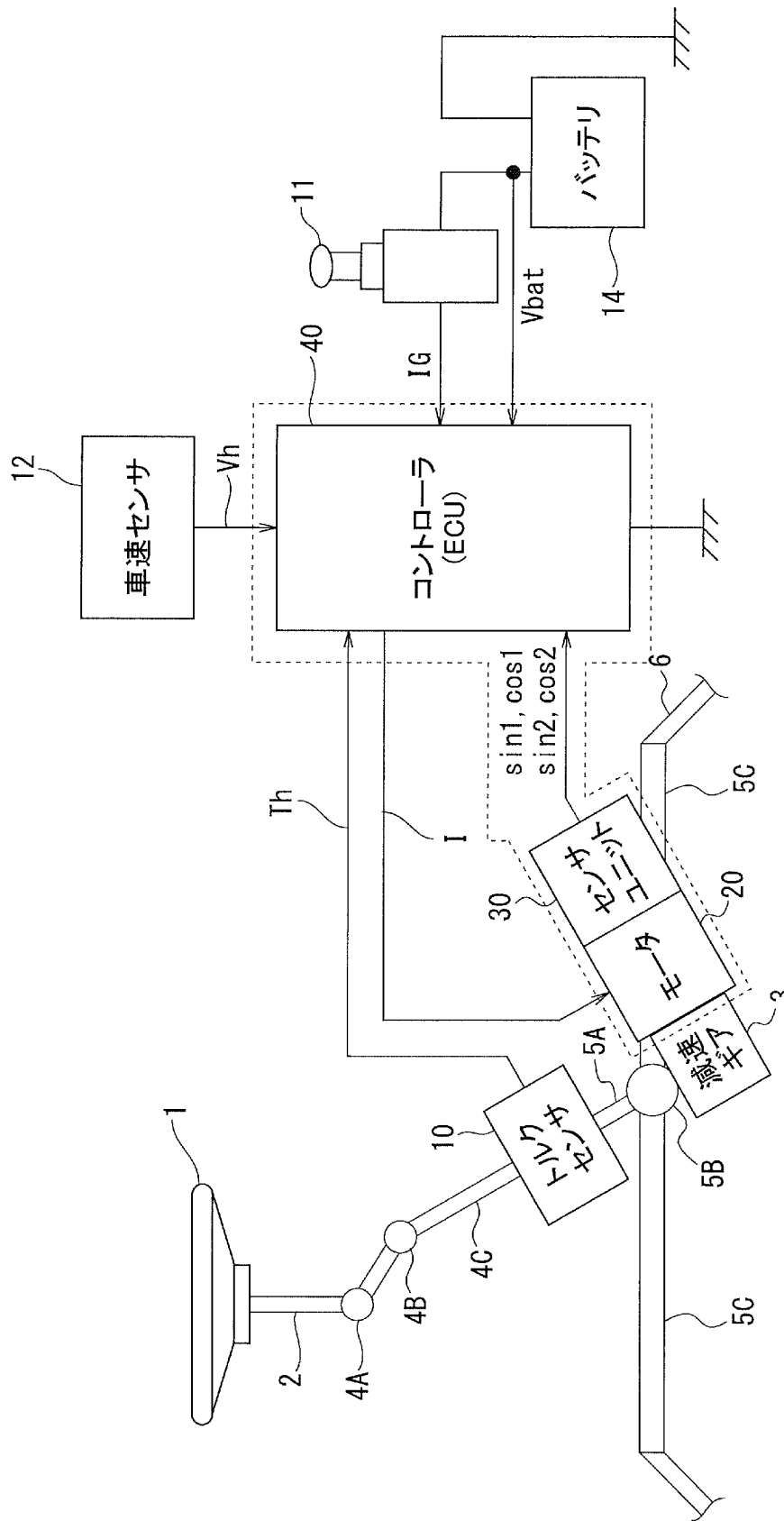
[図21]



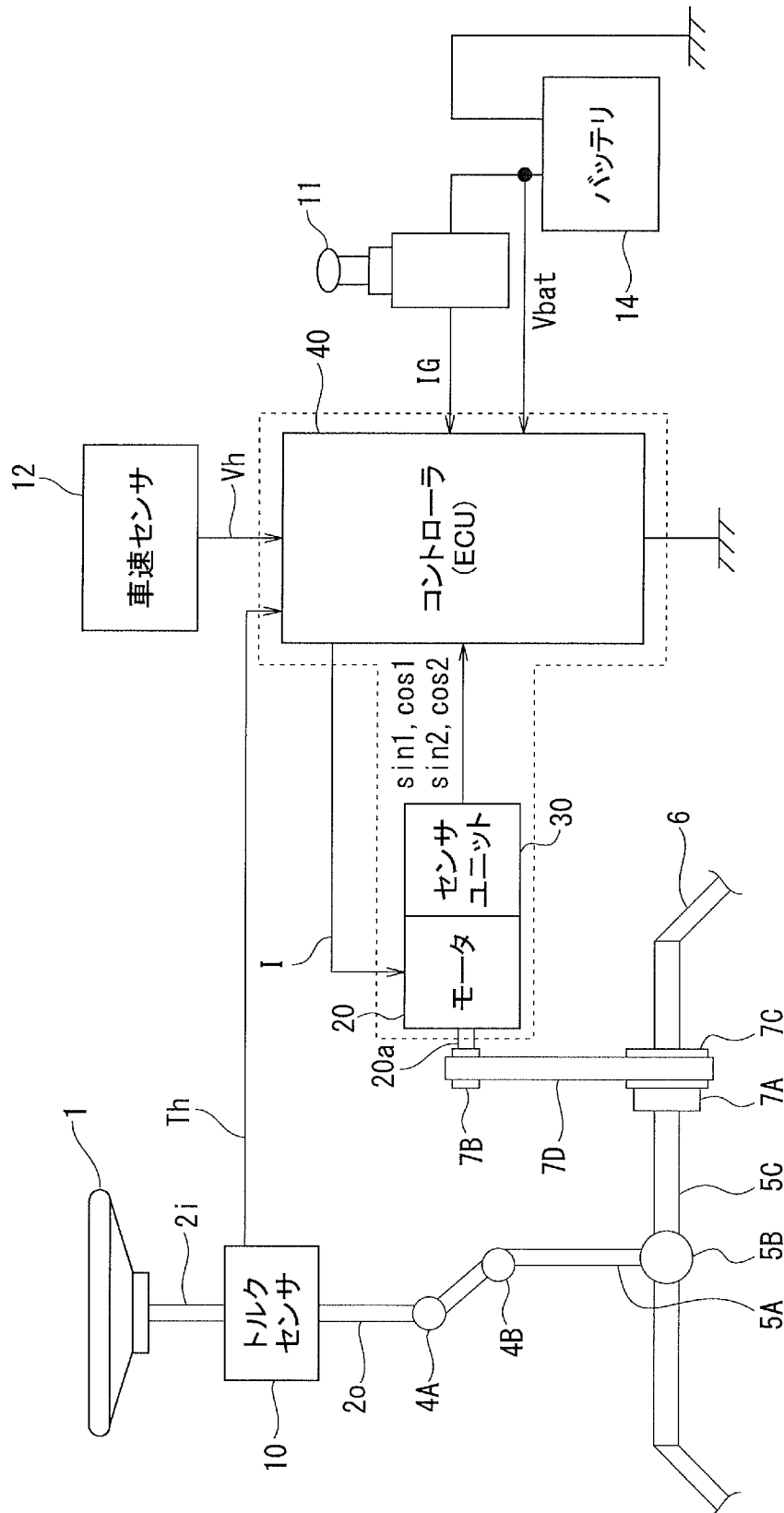
[図22]



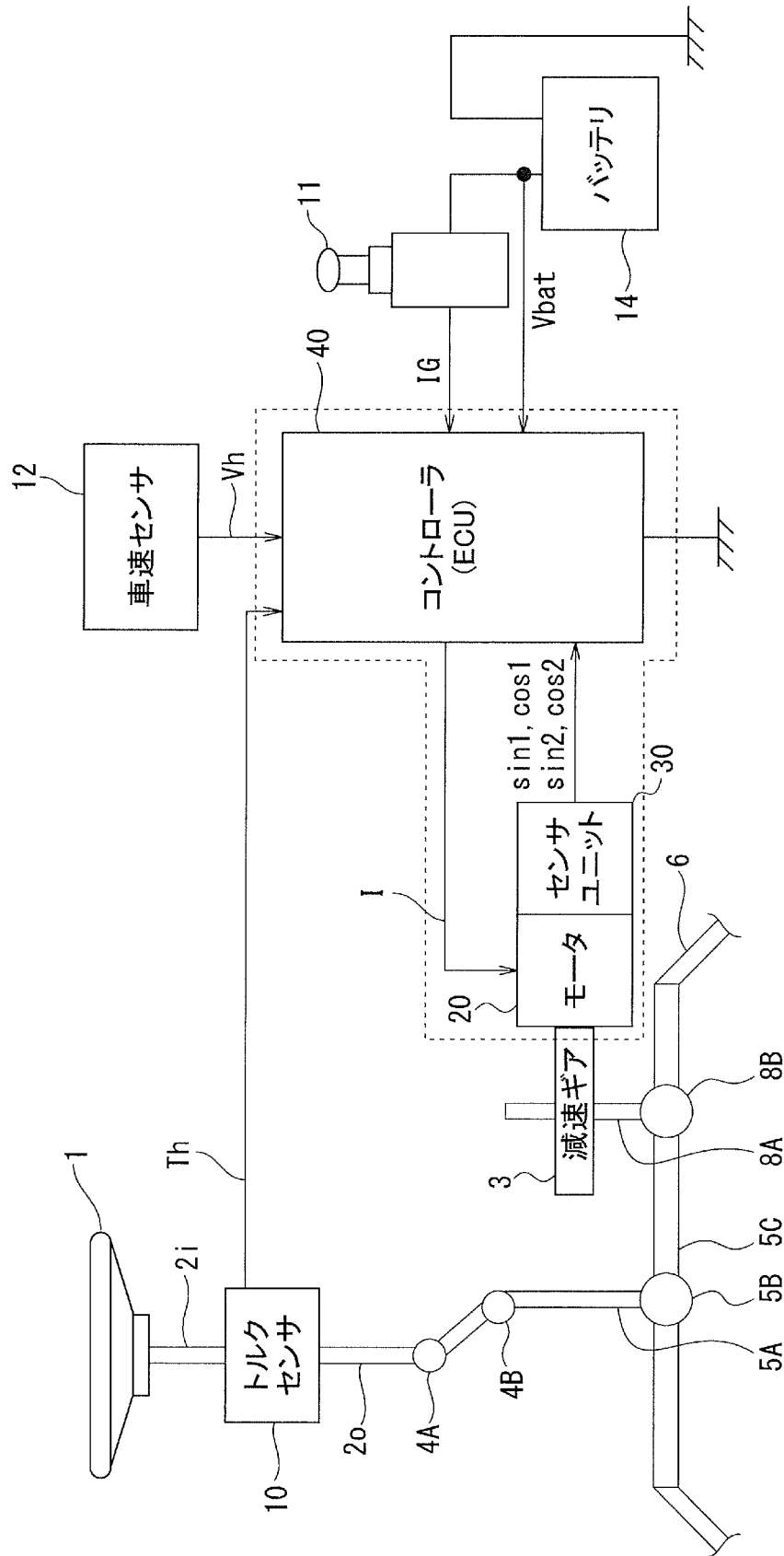
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/014711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B62D101/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n, G01B7/30(2006.01)i, G01D5/244(2006.01)i, G01D5/245(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i
FI: G01D5/244 E, G01D5/245 R, G01D5/245 110L, G01B7/30 H, B62D6/00, B62D5/04, B62D101:00, B62D113:00, B62D119:00

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)

Int. Cl. B62D5/00-6/10, B62D101/00, B62D113/00, B62D119/00, G01B7/00-7/34, G01D5/00-5/252, G01D5/39-5/62

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	WO 2017/195601 A1 (NSK LTD.) 16 November 2017, entire text, all drawings	1-10
A	WO 2019/097692 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 23 May 2019, entire text, all drawings	1-10
A	JP 4-353711 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 08 December 1992, entire text, all drawings	1-10
A	JP 2019-203749 A (JTEKT CORP.) 28 November 2019, entire text, all drawings	1-10
A	JP 2018-155545 A (AZBIL CORP.) 04 October 2018, entire text, all drawings	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17.05.2021

Date of mailing of the international search report
08.06.2021

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/014711

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2017/195601 A1	16.11.2017	US 2018/0234039 A1 EP 3422563 A1 CN 109247059 A	
WO 2019/097692 A1	23.05.2019	CN 111344213 A	
JP 4-353711 A	08.12.1992	(Family: none)	
JP 2019-203749 A	28.11.2019	US 2019/0346287 A1 EP 3566929 A1 CN 110466606 A	
JP 2018-155545 A	04.10.2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B62D 101/00(2006.01)n; B62D 113/00(2006.01)n; B62D 119/00(2006.01)n; G01B 7/30(2006.01)i; G01D 5/244(2006.01)i; G01D 5/245(2006.01)i; B62D 6/00(2006.01)i; B62D 5/04(2006.01)i FI: G01D5/244 E; G01D5/245 R; G01D5/245 110L; G01B7/30 H; B62D6/00; B62D5/04; B62D101:00; B62D113:00; B62D119:00																				
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（IPC）） B62D5/00-6/10; B62D101/00; B62D113/00; B62D119/00; G01B7/00-7/34; G01D5/00-5/252; G01D5/39-5/62 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年										
日本国実用新案公報	1922-1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971-2021年																			
日本国実用新案登録公報	1996-2021年																			
日本国登録実用新案公報	1994-2021年																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/195601 A1（日本精工株式会社）16.11.2017（2017-11-16） 全文、全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2019/097692 A1（三菱電機株式会社）23.05.2019（2019-05-23） 全文、全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 4-353711 A（三菱電機株式会社）08.12.1992（1992-12-08） 全文、全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-203749 A（株式会社ジェイテクト）28.11.2019（2019-11-28） 全文、全図</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2018-155545 A（アズビル株式会社）04.10.2018（2018-10-04） 全文、全図</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	A	WO 2017/195601 A1（日本精工株式会社）16.11.2017（2017-11-16） 全文、全図	1-10	A	WO 2019/097692 A1（三菱電機株式会社）23.05.2019（2019-05-23） 全文、全図	1-10	A	JP 4-353711 A（三菱電機株式会社）08.12.1992（1992-12-08） 全文、全図	1-10	A	JP 2019-203749 A（株式会社ジェイテクト）28.11.2019（2019-11-28） 全文、全図	1-10	A	JP 2018-155545 A（アズビル株式会社）04.10.2018（2018-10-04） 全文、全図	1-10
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
A	WO 2017/195601 A1（日本精工株式会社）16.11.2017（2017-11-16） 全文、全図	1-10																		
A	WO 2019/097692 A1（三菱電機株式会社）23.05.2019（2019-05-23） 全文、全図	1-10																		
A	JP 4-353711 A（三菱電機株式会社）08.12.1992（1992-12-08） 全文、全図	1-10																		
A	JP 2019-203749 A（株式会社ジェイテクト）28.11.2019（2019-11-28） 全文、全図	1-10																		
A	JP 2018-155545 A（アズビル株式会社）04.10.2018（2018-10-04） 全文、全図	1-10																		
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 17.05.2021		国際調査報告の発送日 08.06.2021																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岩本 太一 2F 1564 電話番号 03-3581-1101 内線 3216																		

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/014711

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2017/195601	A1	16.11.2017	US	2018/0234039	A1	
				EP	3422563	A1	
				CN	109247059	A	
WO	2019/097692	A1	23.05.2019	CN	111344213	A	
JP	4-353711	A	08.12.1992	(ファミリーなし)			
JP	2019-203749	A	28.11.2019	US	2019/0346287	A1	
				EP	3566929	A1	
				CN	110466606	A	
JP	2018-155545	A	04.10.2018	(ファミリーなし)			