

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7334853号
(P7334853)

(45)発行日 令和5年8月29日(2023.8.29)

(24)登録日 令和5年8月21日(2023.8.21)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 1 D	5/244(2006.01)	G 0 1 D	5/244	E
G 0 1 B	7/30 (2006.01)	G 0 1 B	7/30	H
B 6 2 D	5/04 (2006.01)	B 6 2 D	5/04	
B 6 2 D	6/00 (2006.01)	B 6 2 D	6/00	

請求項の数 4 (全44頁)

(21)出願番号	特願2022-514101(P2022-514101)	(73)特許権者	000004204
(86)(22)出願日	令和3年4月7日(2021.4.7)		日本精工株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/014710		東京都品川区大崎1丁目6番3号
(87)国際公開番号	WO2021/206109	(74)代理人	100075579
(87)国際公開日	令和3年10月14日(2021.10.14)		弁理士 内藤 嘉昭
審査請求日	令和3年12月24日(2021.12.24)	(74)代理人	100116012
(31)優先権主張番号	特願2020-69997(P2020-69997)		弁理士 宮坂 徹
(32)優先日	令和2年4月8日(2020.4.8)	(74)代理人	100175259
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 尾林 章
	日本国(JP)	(72)発明者	小林 敬幸
(31)優先権主張番号	特願2020-114168(P2020-114168)		東京都品川区大崎一丁目6番3号 日本
(32)優先日	令和2年7月1日(2020.7.1)		精工株式会社内
(33)優先権主張国・地域又は機関		(72)発明者	鈴木 大
	日本国(JP)		東京都品川区大崎一丁目6番3号 日本
(31)優先権主張番号	特願2021-16704(P2021-16704)		精工株式会社内
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回転角検出装置及び電動パワーステアリング装置

(57)【特許請求の範囲】

【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センサ及び第2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、

前記第2センサ信号と基準電圧とを比較するコンパレータ、及び前記コンパレータの出力をカウントすることにより前記モータ回転軸の回転数を検出するカウンタを備え、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、

バッテリーから供給された電源からレギュレータ電源を生成するレギュレータと、前記角度位置算出部及び前記回転角算出部へ供給する駆動電源を前記レギュレータ電源から生成する第1電源供給部と、前記第1センサへ供給する第1センサ電源を前記レギュレータ電源から生成する第2電源供給部と、前記第2センサへ供給する第2センサ電源及び前記回転数検出部のカウンタへ供給する内部電源を前記レギュレータ電源から生成する第3電源供給部と、電源スイッチがオンであるかオフであるかに応じた動作切替信号を前記レギュレータ、前記第1電源供給部、前記第2電源供給部及び前記第3電源供給部へ出力する電源制御部と、を備える電源供給部と、

前記角度位置情報に基づいて、前記モータ回転軸の回転範囲を4分割した4象限のいずれ

に前記モータ回転軸の角度位置が属するかを示す第1象限情報を算出する第1象限情報算出部と、

4分の1回転単位の回転数を表す前記回転数情報に基づいて、前記象限のいずれに前記モータ回転軸の角度位置が属するかを示す第2象限情報を算出する第2象限情報算出部と、前記第1象限情報と前記第2象限情報との比較結果に応じて、前記回転数情報を補正する補正部と、

を備え、

前記補正部は、前記第2象限情報が象限を表す数から前記第1象限情報が表す数を減算して得られる象限差を算出し、前記回転数情報から象限差を減算することにより前記回転数情報を補正し、

前記レギュレータは、前記動作切替信号に基づいて、前記電源スイッチがオフの場合には前記電源スイッチがオンの場合よりも低くなるように前記レギュレータ電源の電圧を切り替え、これにより、前記電源スイッチがオフの場合には前記電源スイッチがオンの場合よりも低くなるように前記第2センサ電源の電圧が切り替わるとともに、前記電源スイッチがオフの場合には前記電源スイッチがオンの場合よりも低くなるように前記内部電源の電圧が切り替わり、

前記第1電源供給部及び前記第2電源供給部は、前記動作切替信号に基づいて、前記電源スイッチがオンの場合には前記駆動電源及び前記第1センサ電源として連続的な電力を生成する一方で、前記電源スイッチがオフの場合には前記駆動電源及び前記第1センサ電源の生成を停止し、

前記第3電源供給部は、前記動作切替信号に基づいて、前記電源スイッチがオンの場合に前記第2センサ電源及び前記内部電源として連続的な電力を生成する一方で、前記電源スイッチがオフの場合には前記第2センサ電源として間欠的な電力を生成するとともに前記内部電源として連続的な電力を生成し、

前記第2センサ信号は、0以上かつ前記第2センサ電源の電圧以下の範囲で変化する正弦信号及び余弦信号であり、前記回転数検出部は、前記第2センサ電源の電圧を分圧して前記第2センサ電源の電圧の2分の1の前記コンパレータの前記基準電圧を生成することで、前記電源スイッチのオンオフに伴って前記第2センサ電源の電圧が切り替わっても、前記コンパレータの正常な出力を取得して前記4象限のいずれに前記モータ回転軸の角度位置が属するかを算出できる、

ことを特徴とする回転角検出装置。

【請求項2】

前記回転数検出部は、前記電源スイッチがオフである間に前記モータ回転軸の回転数の検出を継続し、

前記回転角算出部は、前記電源スイッチがオフからオンになった時点で前記回転数検出部が出力する前記回転数情報と前記角度位置算出部が算出する前記角度位置情報とに基づいて、前記回転角情報を算出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】

前記回転数検出部は、前記正弦信号および前記余弦信号の符号の組み合わせの変化に基づいて前記回転数を検出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】

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1～3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、

減速ギアの減速比と前記回転角情報とに基づいて前記出力軸の回転角を算出し、前記出力軸の回転角に前記捩れ角を加算することにより、前記入力軸の操舵角を算出する操舵角算出部と、

10

20

30

40

50

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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転角検出装置及び電動パワーステアリング装置に関する。

【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を複数設けて冗長化させる技術が提案されている。

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有りうる。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。

【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】

【文献】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、冗長化されたセンサの両方と冗長化された計数ユニットの両方とに電源を供給するため、暗電流（リーク電流）の増加を招いていた。

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少なくとも2つの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センサ及び第2センサと、第1センサ信号に基づいて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、第2センサ信号に基づいてモータ回転軸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数検出部と、角度位置情報と回転数情報に基づいて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、電源スイッチがオンの場合に、第1センサ、第2センサ、角度位置算出部、回転数検出部及び回転角算出部へ電源を供給し、電源スイッチがオフの場合に、第1センサ、角度位置算出部及び回転角算出部への電源供給を停止し、第2センサ及び回転数検出部へ電源を供給する電源供給部と、を備える。

【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、車両の操舵機構に操舵補助力を付与するモー

10

20

30

40

50

たと、モータのモータ回転軸の回転角情報を算出する請求項1～5のいずれか一項に記載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。

【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少なくとも2つの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 θ_1 の一例を示す図であり、(c)はモータ回転数 N_r を示す図であり、(d)は回転角情報 θ_m 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 V_r に誤差がある場合の正弦カウント値 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c 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 N_r に生じる誤差の説明図であり、(b)は回転角情報 θ_m に生じ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 Q_1 及び第2象限信号 Q_2 の一例を示す図であり、(b)は第1象限信号 Q_1 と第2象限信号 Q_2 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 CNT_a の一例を示す図であり、(d)は補正済カウント合計値 CNT_a から算出したモータ回転数 N_r 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 V_{s2} の一例の波形を示す図であり、(b)は(a)の第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。

【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。

10

20

30

40

50

【図 2 3】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 2 4】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 2 5】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。

10

【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）2i及び2oは、減速ギア3、ユニバーサルジョイント4A及び4B、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2iと出力軸2oとは、入力軸2iと出力軸2o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。

20

【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Thとして電磁氣的に測定する。

また、コラム軸の出力軸2o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Vbatが供給されると共に、電源スイッチであるイグニッションキー11からイグニッションキー信号IGが入力される。

30

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Thと車速センサ12で検出された車速Vh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。

40

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Voff1及びVoff2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。

50

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 θm 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 θm 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 θo を演算する。コントローラ４０は、回転角 θo 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 θi 、すなわち操向ハンドル１の操舵角 θs 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】

10

20

30

40

50

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 V_{bat} 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、イグニッションキー信号 I_G 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 V_{s1} と、第 2 センサ 34 を駆動するための第 2 センサ電源 V_{s2} と、MPU 60 やコントローラ 40 のその他の構成部品 (以下「MPU 60 等」と表記することがある) を駆動するための電源 V_m と、を生成する。

第 1 センサ電源 V_{s1} 、第 2 センサ電源 V_{s2} 及び電源 V_m の電圧は、例えば共通の電源電圧 V_{cc1} (図示せず) であってよい。電源電圧 V_{cc1} は、例えば 5 [V] であってよい。

【0025】

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第 1 センサ電源 V_{s1} 、第 2 センサ電源 V_{s2} 及び電源 V_m を、それぞれ第 1 センサ 33、第 2 センサ 34 及び MPU 60 等に供給する。

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タ値 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タ値 CNT_c を含む。正弦カウンタ値 CNT_s と余弦カウンタ値 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】

MPU 60 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、MPU 60 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 θ_1 を算出する。角度位置情報 θ_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])。

MPU 60 は、電源管理部 50 が生成した回転数情報 (正弦カウンタ値 CNT_s 及び余弦カウンタ値 CNT_c) 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、MPU 60 への電源 V_m の供給が停止するので、MPU 60 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、MPU 60 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 θ_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、MPU 60 は、イグニッションキー 11 がオフか

10

20

30

40

50

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】

M P U 6 0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 （操舵ハンドル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舵ハンドル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。M P U 6 0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 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。レギュレータ電源 V_R 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 V_R から電源 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} をそれぞれ発生させる。

電源 V_m 及び第1センサ電源 V_{s1} 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M P U 6 0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 I_G 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 S_{c1} 、 S_{c2} 及び S_{c3} 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 V_m 、第1センサ電源 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} 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 V_m をM P U 6 0等へ供給する。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へ供給する。第3電源供給部54は、連続的に第2センサ電源 V_{s2} を第2センサ34及び回転数検出部58へ供給する。したがって、M P U 6 0等、第1センサ33、第

10

20

30

40

50

2 センサ 3 4 及び回転数検出部 5 8 は連続して動作する。

【0035】

イグニションキー 1 1 がオフである間、電源制御部 5 6 は、第 1 電源供給部 5 2 及び第 2 電源供給部 5 3 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 3 3 への第 1 センサ電源 V_{s1} の供給と、MPU 6 0 等への電源 V_m の供給が止まり、第 1 センサ 3 3 及び MPU 6 0 等の動作が停止する。

一方で、電源制御部 5 6 は、第 3 電源供給部 5 4 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 3 4 及び回転数検出部 5 8 に供給される。第 2 センサ 3 4 及び回転数検出部 5 8 は所定周期 T で間欠的に動作する。電源制御部 5 6 は、イグニションキー 1 1 がオフである間の第 2 センサ電源 V_{s2} の電圧を、イグニションキー 1 1 がオンである間よりも低くなるように設定してもよい。

10

【0036】

回転数検出部 5 8 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 2 1 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 5 8 は、第 1 コンパレータ 5 8 a と、第 2 コンパレータ 5 8 b と、正弦カウンタ 5 8 c と余弦カウンタ 5 8 d を備える。

【0037】

第 1 コンパレータ 5 8 a 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。

20

第 2 コンパレータ 5 8 b 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_{off2} を有するので、例えば、閾値電圧 V_r をオフセット電圧 V_{off2} 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 5 8 c 及び余弦カウンタ 5 8 d に入力される。

30

【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_{s2} の電圧の 2 分の 1（すなわち $V_{s2}/2$ ）であり、直流成分が第 2 センサ電源 V_{s2} 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_{s2} の電圧（すなわち V_{s2} ）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_{s2} の電圧の 2 分の 1（すなわち $V_{s2}/2$ ）に設定する。

【0039】

40

第 1 コンパレータ 5 8 a 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 2 1 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 5 8 b 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 2 1 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 5 8 c 及び余弦カウンタ 5 8 d 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 $\sin$

50

n 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 58 c 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 CNT_s を算出し、余弦カウンタ 58 d 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 CNT_c を算出する。正弦カウンタ 58 c 及び余弦カウンタ 58 d は、算出した正弦カウント値 CNT_s と余弦カウント値 CNT_c 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 58 c は、第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c が値「1」を有する間に、第 2 正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s の値が「0」から「1」に変化すると、正弦カウント値 CNT_s を 1 つ増加させ、第 2 正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s の値が「1」から「0」に変化すると、正弦カウント値 CNT_s を 1 つ減少させる。

10

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

【0042】

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

20

また、余弦カウンタ 58 d は、第 2 正弦信号 $\sin 2$ の符号信号 C_s が値「1」を有する間に、第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c の値が「1」から「0」に変化すると、余弦カウント値 CNT_c を 1 つ増加させ、第 2 余弦信号 $\cos 2$ の符号信号 C_c の値が「0」から「1」に変化すると、余弦カウント値 CNT_c 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 CNT_s 及び余弦カウント値 CNT_c 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。

30

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】

40

次に、図 7 を参照して MPU 60 の機能構成の一例を説明する。MPU 60 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、MPU 60 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 MPU 60 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

50

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。

10

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、MPU60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CNTs及び余弦カウント値CNTcを読み出す。カウント合計部62は、正弦カウント値CNTs及び余弦カウント値CNTc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。

20

【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、コンプレータの閾値電圧 V_r の誤差により、正弦カウント値CNTs及び余弦カウント値CNTc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CNTaを出力する。回転数情報補正部63の詳細は後述する。

30

【0048】

回転数算出部64は、補正済カウント合計値CNTa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、MPU60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 $\theta 1$ 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。

40

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 $\theta_m = (360$ [deg] $\times$ 回転数 N_r) + 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 $\theta 1$ 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

50

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 (操舵ハンドル 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、操舵ハンドル 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 $\sin 1$ 及び第 1 余弦信号 $\cos 1$ に基づいて算出した角度位置情報 θ_1 と、第 2 正弦信号 $\sin 2$ 及び第 2 余弦信号 $\cos 2$ 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 $\Delta I (= I_{refm} - I_m)$ が演算され、その偏差 ΔI が操舵動作の特性改善のための P I (比例積分) 制御部 75 に入力される。P I 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している。補償信号生成部 74 は、セルフアライニングトルク (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】

10

20

30

40

50

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。

10

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、… [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。

20

【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、… [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。

30

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 63a と、第 2 象限情報算出部 63b と、象限比較部 63c と、補正部 63d を備える。

40

【0062】

第 1 象限情報算出部 63a 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 63b 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

50

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 2 1 の角度位置が属するかを示す。

第 1 象限情報算出部 6 3 a は、角度位置情報 $\theta 1$ 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 6 3 b 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 6 3 c 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 6 3 c 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。

$$\text{象限差} = Q2 - Q1 \quad \cdots (1)$$

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。

$$\text{象限差} = Q2 - Q1 + 4, \text{ 但し } Q1 = \text{第 4 象限}, Q2 = \text{第 1 象限} \quad \cdots (2)$$

また、第 2 象限情報 Q 2 が第 4 象限を示し且つ第 1 象限情報 Q 1 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。

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

図 13 (b) に、象限差の一例を示す。図 13 (a) の第 1 象限情報 Q 1 と第 2 象限情報 Q 2 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 6 3 d は、象限比較部 6 3 c 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 CNT a を算出する。

例えば補正部 6 3 d 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 CNT a 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 CNT a 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 CNT a 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 Vs 2 を間欠的に発生させる。

第 2 センサ電源 Vs 2 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CNTs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CNTc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がオフの期間では、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Vm、第1センサ電源Vs1、第2センサ電源Vs2を連続的に発生させる。電源Vm、第1センサ電源Vs1、第2センサ電源Vs2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CNTs及び余弦カウント値CNTc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CNTaを出力し、回転数算出部64は、補正済カウント合計値CNTaから、モータ回転軸21の回転数Nrを算出する。

角度位置算出部61は角度位置情報θ1を算出し、回転角情報算出部66は、回転数Nrと角度位置情報θ1に基づいて、モータ回転軸21の回転角情報θm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Vm、第1センサ電源Vs1、第2センサ電源Vs2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CNTs及び余弦カウント値CNTc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CNTs及び余弦カウント値CNTc(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θ1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θ1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θm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θmを算出する。

【0074】

回転角情報算出部66は、回転角情報θmと、減速ギア3のギア比Rgと、トーションバーのねじれ角θtに基づいて、コラム軸の出力軸2oの回転角θoと、入力軸2iの回転角θi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Thと車速センサ12で検出された車速Vh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θ1と角度位置情報θ2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CNTsと余弦カウント値CNTcとの差に基づ

10

20

30

40

50

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Sd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。

10

【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。

20

【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】

30

(3) 第1象限情報算出部63a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63b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63d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63d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。

40

【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sin2及び第2余弦信号cos2であり、回転数検出部58は、第2正弦信号sin2及び第2余弦信号cos2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

50

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、イグニションキー信号 I_G に基づいて、バッテリー 14 からの供給電力から生成する。

イグニションキー 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。

【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。

動作切替信号 S_{ig} は、イグニションキー 11 がオンであるかオフであるかに応じて異

10

20

30

40

50

なる値を有する。

【0089】

すなわち動作切替信号 Sig は、イグニションキー 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 VR 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 VR から、電源 Vm 、第 1 センサ電源 $Vs1$ 、第 2 センサ電源 $Vs2$ 、内部電源 Vp をそれぞれ発生させる。

レギュレータ 51 は、動作切替信号 Sig に応じてレギュレータ電源 VR の電圧を切り替える。例えば、動作切替信号 Sig が値「1」である間（すなわちイグニションキー 11 がオンである間）のレギュレータ電源 VR の電圧は 6 [V] であってよく、動作切替信号 Sig が値「0」である間（すなわちイグニションキー 11 がオフである間）のレギュレータ電源 VR 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 Sig が値「1」である間、連続的に電源 Vm を MPU 60 等に供給する。

また、動作切替信号 Sig 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 $Vs1$ 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 $Vs2$ を連続的に第 2 センサ 34 に供給する。

この結果、イグニションキー 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 $Vs1$ 及び第 2 センサ電源 $Vs2$ の電圧は、電源電圧 $Vcc1$ である。

【0092】

一方で、動作切替信号 Sig が値「0」である間（すなわちイグニションキー 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 Vm 及び第 1 センサ電源 $Vs1$ 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 $Vs1$ の供給と、MPU 60 等への電源 Vm 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。

第 3 電源供給部 54 は、動作切替信号 Sig が値「0」である間、電源電圧 $Vcc1$ よりも低い電源電圧 $Vcc2$ の第 2 センサ電源 $Vs2$ を生成する。また、第 3 電源供給部 54 は、動作切替信号 Sig が値「0」である間、駆動間隔指示信号 Si により指示された駆動間隔で第 2 センサ電源 $Vs2$ を間欠的に生成する。

この結果、電源電圧 $Vcc1$ よりも低い電源電圧 $Vcc2$ の第 2 センサ電源 $Vs2$ 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 Sig が値「1」であるか「0」であるかに関わらず（イグニションキー 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 Vp を供給する。

センサ電源判定部 57 は、イグニションキー 11 がオフである期間（すなわち第 2 センサ電源 $Vs2$ が間欠的に生成される期間）に、第 2 センサ電源 $Vs2$ 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 $Vs2$ 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 Sr を生成する。起動信号 Sr の値は、例えば、第 2 センサ電源 $Vs2$ 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 $Vs2$ が供給されていない期間に「0」と

10

20

30

40

50

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Srの値が「1」であるとき（すなわち第2センサ電源Vs2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sin2及び第2余弦信号cos2と閾値電圧Vrとの比較結果に応じて符号信号Cs及びCcを変化させる。第2センサ電源Vs2が第2センサ34に供給されていない期間では、内部電源Vpによって符号信号Cs及びCc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Vpを電源として動作し、正弦カウント値CNTsと余弦カウント値CNTc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Sigと駆動間隔指示信号Si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IGに基づいて動作切替信号Sig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Siを生成する。上記のとおり、駆動間隔指示信号Si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Si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Si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CNTs及び余弦カウント値CNTc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sin2及び第2余弦信号cos2の変化が検出されたか否かに応じて、駆動間隔指示信号Si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sin2の符号信号Csと第2コンパレータ58bの出力である第2余弦信号cos2の符号信号Ccの変化に基づいて駆動間隔指示信号Siを生成する。

すなわち、駆動間隔変更部56bは、符号信号CsとCcとに変化が生じたときは、駆動間隔指示信号Si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CsとCc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Si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Cs及びCc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 Cs 及び Cc のうちの一方の信号の変化を検出し、その後符号信号 Cs 及び Cc のうちの他方の信号の変化を検出したとき、駆動間隔指示信号 Si 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 Cs 及び Cc 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 T1 だけ駆動間隔を短縮し、その後他方の信号の変化を検出したとき所定長 T1 だけ駆動時間をさらに短縮する。すなわち短縮量は、T1、 $(2 \times T1)$ 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 CNTs 及び余弦カウント値 CNTc のカウント漏れを防止できる。

10

【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 T1 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 Cs 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、参照符号 101 で示すように符号信号 Cc 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 Si 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。

20

【0103】

駆動間隔変更部 56b は、駆動間隔指示信号 Si 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 Cs 及び Cc 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 Vs2 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。

30

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 Cs 及び Cc のうちの一方の信号が変化した後、その後符号信号 Cs 及び Cc のうちの他方の信号が変化する前に、再び符号信号 Cs 及び Cc のうちの一方の信号が変化することがある。

40

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 Cs が「0」から「1」に変化した後に、符号信号 Cc が「0」から「1」に変化せずに、再び符号信号 Cs 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 Cs 及び Cc 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 CNTs 及び余弦カウント値 CNTc のカウント漏れの虞

50

は少ない。

【0107】

そこで、駆動間隔変更部56bは、符号信号Cs及びCcのうちの一方の信号が変化した後、その後に符号信号Cs及びCcのうちの他方の信号が変化する前に、再び符号信号Cs及びCcのうちの一方の信号が変化しても、駆動間隔指示信号Si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Csの変化が検出されると、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。

【0108】

符号信号Csの変化履歴が記憶されている状態で、符号信号Cs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Csの変化履歴が記憶されていない状態で、符号信号Cs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Csの変化履歴を記憶する。

【0109】

また、符号信号Csの変化履歴が記憶されている状態で、符号信号Cc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Cc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Cs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Ccの変化履歴が記憶されている状態で、符号信号Cc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Ccの変化履歴が記憶されていない状態で、符号信号Cc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Ccの変化履歴を記憶する。

符号信号Ccの変化履歴が記憶されている状態で、符号信号Cs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Csの変化履歴を記憶する。また、符号信号Cc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Cs及びCc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もよい。

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Cs及びCc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Siが指示する駆動間隔が短縮された後に、符号信号CsとCcに変化が生じなくなったときは、駆動間隔指示信号Si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Cs及びCcのいずれの変化も検出しない場合に、駆動間隔指示信号Si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Cs又はCc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CNTr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CNTrを1ずつ増加し、符号信号Cs又はCc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CNTrを0にリセットする。

【0115】

駆動間隔変更部56bは、電源供給カウンタ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。電源供給カウンタ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、電源供給カウンタCNT_rが1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T₂だけ延長する。所定長T₂は上記の所定長T₁よりも短くてもよく、所定長T₁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。

10

【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、カウンタ閾値C_{th}は4であり、所定長T₂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、電源供給カウンタ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、電源供給カウンタCNT_rを1つずつ増加する。

20

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

【0118】

電源供給カウンタ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T₂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、電源供給カウンタ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。

30

【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T₁、T₂、駆動間隔の最大間隔x及び最小間隔、並びにカウンタ閾値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T₁、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T₁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T₁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T₂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T₂よりも短くしてよい。

40

【0121】

例えば上記のように所定長T₁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T₁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T₁=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。

50

【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 S_1 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 S_1 ：Y）に処理はステップ S_2 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 S_1 ：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 S_2 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 C_s 及び C_c 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 S_2 における回転検出処理の一例を説明する。

【0124】

ステップ S_{20} において駆動間隔変更部56bは、符号信号 C_s が変化したか否かを判定する。符号信号 C_s が変化した場合（ステップ S_{20} ：Y）に処理はステップ S_{21} へ進む。符号信号 C_s が変化しない場合（ステップ S_{20} ：N）に処理はステップ S_{25} へ進む。

ステップ S_{21} において駆動間隔変更部56bは、符号信号 C_s が変化したことを示す符号信号 C_s の変化履歴があるか否かを判定する。変化履歴がある場合（ステップ S_{21} ：Y）に処理はステップ S_{24} へ進む。変化履歴がない場合（ステップ S_{21} ：N）に処理はステップ S_{22} へ進む。

【0125】

ステップ S_{22} において駆動間隔変更部56bは、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。また、符号信号 C_c が変化したことを示す変化履歴を、符号信号 C_c 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_{23} 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 S_{21} において変化履歴がないと判定された場合（ステップ S_{21} ：N）に駆動間隔変更部56bは、ステップ S_{24} 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 S_{20} において符号信号 C_s が変化しない場合（ステップ S_{20} ：N）に駆動間隔変更部56bは、ステップ S_{25} において符号信号 C_c が変化したか否かを判定する。

【0127】

符号信号 C_c が変化した場合（ステップ S_{25} ：Y）に処理はステップ S_{26} へ進む。符号信号 C_c が変化しない場合（ステップ S_{25} ：N）に処理はステップ S_{24} 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_{26} において駆動間隔変更部56b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_{26} ：Y）に処理はステップ S_{24} 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。

符号信号 C_s の変化履歴がない場合（ステップ S_{26} ：N）に処理はステップ S_{27} へ進む。

10

20

30

40

50

【0129】

ステップS27において駆動間隔変更部56bは、符号信号Ccが変化したことを示す符号信号Ccの変化履歴を記憶する。また、符号信号Csが変化したことを示す変化履歴を、符号信号Cs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S28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。

【0130】

図17を参照する。モータ回転軸21の回転が検出された場合（ステップS3：Y）に処理はステップS4へ進む。モータ回転軸21の回転が検出されない場合（ステップS3：N）に処理はステップS7へ進む。

ステップS4において駆動間隔変更部56bは、第2センサ34に間欠的に電源が供給された回数を計数する電源供給カウンタCNT rをリセットする。

【0131】

ステップS5において駆動間隔変更部56bは、駆動間隔指示信号Si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S5：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S5：N）に処理はステップS6へ進む。

ステップS6において駆動間隔変更部56bは、駆動間隔指示信号Siが指示する駆動間隔を短縮する。その後処理は終了する。

【0132】

ステップS3にてモータ回転軸21の回転が検出されない場合（ステップS3：N）に駆動間隔変更部56bは、ステップS7において、駆動間隔指示信号Si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S7：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S7：N）に処理はステップS8へ進む。

ステップS8において駆動間隔変更部56bは、電源供給カウンタCNT rがカウンタ閾値Cth以上であるか否かを判定する。

【0133】

電源供給カウンタCNT rがカウンタ閾値Cth以上である場合（ステップS8：Y）に処理はステップS10へ進む。電源供給カウンタCNT rがカウンタ閾値Cth以上でない場合（ステップS8：N）に処理はステップS9へ進む。この場合に駆動間隔は変化しない。

ステップS9において駆動間隔変更部56bは、電源供給カウンタCNT rを1つ増加する。その後処理は終了する。

【0134】

ステップS8にて電源供給カウンタCNT rがカウンタ閾値Cth以上である場合（ステップS8：Y）に駆動間隔変更部56bは、ステップS10において駆動間隔指示信号Siが指示する駆動間隔を延長する。

ステップS11において駆動間隔変更部56bは、符号信号Cs、Cc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、ステップS9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34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2センサ信号を出力する。第3電源供給部54は、第2センサ34に第2センサ電源Vs2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2センサ34に連続的に第2センサ電源Vs2を供給し、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に間欠的に第2センサ電源Vs2を供給するように第3電源供給部54を制御する。第1コンパレータ58a及び第2コンパレータ58bは、正弦信号の変化及び余弦信号の変化を検出する。

10

20

30

40

50

【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Vs2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。

10

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Vs2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。

20

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Vs2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。

30

【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Vs2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Vs2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Vs2の電圧は5V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。

【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。

40

【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

50

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。

【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Vcc2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Vs2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Vs2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Vs2の電圧は、出力周期Tで到来する時間幅Wtの間欠出力期間で電源電圧Vcc2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 $2.2\text{ミリ秒} \sim 6.6\text{ミリ秒}$ であってよい。

【0147】

図19(b)は、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。第2センサ電源Vs2が欠的に出力される1回の出力期間の時間幅Wtは、待機期間Pwとアイドル期間Piとサンプリング期間Psの合計である。

待機期間Pwは、第2センサ電源Vs2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Pw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Pi及びサンプリング期間Psの期間長は、電源管理部50にプログラム

10

20

30

40

50

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。

10

【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。

20

【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。

30

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。

40

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

50

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、イグニションキー信号 I G に基づいて動作切替信号 S i g 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、イグニションキー 11 がオフである間、第 2 センサ電源 V s 2 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 b a t 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 s 1 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 s 2 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 i g 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 i g が値「0」である間（すなわちイグニションキー 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 i g が値「1」である間（すなわちイグニションキー 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、イグニションキー 11 がオフである間の第 2 センサ電源 V s 2 及び内部電源 V p の電圧を、イグニションキー 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 i g 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 i g 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 i g が値「1」である間、電源 V m として連続的な電力を M P U 60 等に供給し、第 2 電源供給部 53 は、第 1 センサ電源 V s 1 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 i g が値「1」である間、第 3 電源供給部 54 は、第 2 センサ電源 V s 2 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、イグニションキー 11 がオンである間、M P U 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 s 1、第 2 センサ電源 V s 2 及び内部電源 V p の電圧は、電源電圧 V c c 1 である。

【0159】

一方で、動作切替信号 S i g が値「0」である間（すなわちイグニションキー 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 s 1 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 s 1 の供給と、M P U 60 等への電源 V m の供給が止まり、第 1 センサ 33 及び M P U 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 i g が値「0」である間、電源電圧 V c c 2 を有する間欠的な電力を第 2 センサ電源 V s 2 として出力する。

この結果、電源電圧 V c c 1 よりも低い電源電圧 V c c 2 の第 2 センサ電源 V s 2 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 s 2 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 s 2 の 1 回の間欠出力の時間幅 W t を設定する。

【0161】

10

20

30

40

50

また、第3電源供給部54は、動作切替信号 Sig 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。

10

【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 $\sin 2$ 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 以上である場合に論理値「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。

20

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。

【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。

30

【0166】

また、イグニッションキー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 St と、待機期間 Pw と、電源管理部50に予めプログラムされたアイドル期間 Pi 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 Ps 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。

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。

40

【0167】

電源管理部50は、第2実施形態と同様に、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} の間欠出力周期 T を動的に変更してよい。例えば、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

50

部 5 0 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 5 0 の構成例は、MPU 6 0 等に電源 V_m を供給する第 1 電源供給部 5 2 と、第 1 センサ 3 3 に第 1 センサ電源 V_{s1} を供給する第 2 電源供給部 5 3 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_{s1} は、イグニッションキー 1 1 がオンである場合に供給され、イグニッションキー 1 1 がオフの場合に供給が停止すれば、電源管理部 5 0 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 1 1 がオンの場合に電源が供給されて、モータ 2 0 のモータ回転軸 2 1 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 1 1 がオフの場合に電源の供給が停止する第 1 センサ 3 3 と、イグニッションキー 1 1 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 2 1 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 1 1 がオフの場合に電源の供給が停止する角度位置算出部 6 1 と、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 2 センサ 3 4 と、イグニッションキー 1 1 がオンである場合に連続的な第 1 電力を第 2 センサ 3 4 に供給し、イグニッションキー 1 1 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 3 4 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 5 0 と、イグニッションキー 1 1 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 2 1 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 1 1 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 6 6 を備える。

【0170】

電源管理部 5 0 は、第 1 電力及び第 2 電力を生成する第 3 電源供給部 5 4 と、イグニッションキー 1 1 がオンである場合に第 3 電源供給部 5 4 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 1 1 がオフである場合に第 3 電源供給部 5 4 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 5 8 a、5 8 b と、コンパレータ 5 8 a、5 8 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 5 8 c、5 8 d を備える。

【0171】

このように、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 とコンパレータ 5 8 a、5 8 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 1 1 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 3 4 の第 2 センサ信号を取得するコンパレータ 5 8 a、5 8 b を、第 2 センサ 3 4 の電源を間欠的に出力する電源管理部 5 0 に設けることで、コンパレータ 5 8 a、5 8 b の動作を、第 2 センサ 3 4 の間欠駆動に同期させ易くなる。

また、コンパレータ 5 8 a、5 8 b と第 2 センサ 3 4 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 3 4 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 1 1 のオンオフに伴って第 2 センサ 3 4 への電源電圧が切り替わっても、コンパレータ 5 8 a、5 8 b の正常な出力を取得できる。

【0172】

(2) 第 3 電源供給部 5 4 は、イグニッションキー 1 1 がオンである場合に第 1 電力を電源としてカウンタ 5 8 c、5 8 d に供給し、イグニッションキー 1 1 がオフである場合に第 2 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 5 8 c、5 8 d に供給してよい。

イグニションキー 11 がオフである場合にカウンタ 58c、58d の電源電圧を下げるため、イグニションキー 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

10

20

30

40

50

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 V_{L2} 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 G_{ND2} 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 $SIN2P$ 及び $SIN2N$ 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 V_{L2} 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 G_{ND2} 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 $COS2P$ 及び $COS2N$ 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 $SIN1N$ 、 $SIN1P$ 、 $COS1N$ 及び $COS1P$ が、出力端子 $SIN2N$ 、 $SIN2P$ 、 $COS2N$ 及び $COS2P$ 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

10

20

30

40

50

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 $C12$ 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 $C12$ 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。

【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 $VL2$ 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 $C23$ 及び $C24$ 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 V_{s2} 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 V_{s2} 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 V_{s2} の第2センサ電源ライン V_{L2} と同様に、第1センサ電源 V_{s1} の第1センサ電源ライン V_{L1} 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 V_{L1} 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 V_{L1} 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 V_{L1} 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 V_{L2} 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 $Ce2$ 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へ電源を送り、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センサ信号を送るハーネス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 $Rd11$ 及び $Rd12$ 並びに第2分圧抵抗 $Rd21$ 及び $Rd22$ と、第1分圧抵抗 $Rd11$ 及び $Rd12$ 並びに第2分圧抵抗 $Rd21$ 及び $Rd22$ 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 V_{s1} 及び第2センサ電源 V_{s2} 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 V_{s1} の供給を停止するとともに第2センサ電源 V_{s2} 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 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 $Rd21$ 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

10

20

30

40

50

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Vs1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Vs2を電源として動作して第2センサ電源Vs2の電圧に基づく閾値電圧Vr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Vs2を電源として動作して第2センサ電源Vs2の電圧に基づく閾値電圧Vr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Vp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

10

20

30

40

50

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 として電磁氣的に測定する。

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 20 a の回転運動がラックバー 5 C 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 5 A、ピニオンギア 5 B に加えて、第 2 ピニオン軸 8 A、第 2 ピニオンギア 8 B を有し、ラックバー 5 C は、ピニオンギア 5 B と噛合する第 1 ラック歯（図示せず）と、第 2 ピニオンギア 8 B 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 8 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。

【符号の説明】

【0201】

1…操向ハンドル、2 i…コラム軸（入力軸）、2 o…コラム軸（出力軸）、3…減速ギア、4 A、4 B…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、58 a…第 1 コンパレータ、58 b…第 2 コンパレータ、58 c…正弦カウンタ、58 d…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、63 a…第 1 象限情報算出部、63 b…第 2 象限情報算出部、63 c…象限比較部、63 d…補正部、64…回転数算出部、65…角算出部、66…回転角情報算出部、66 a、66 c…乗算器、66 b、66 d…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

10

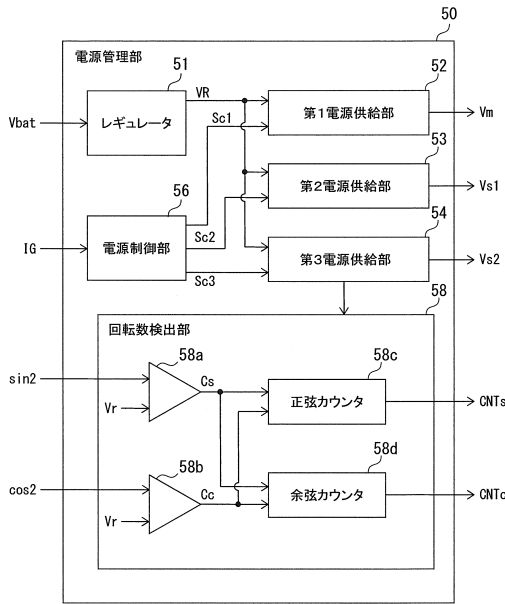
20

30

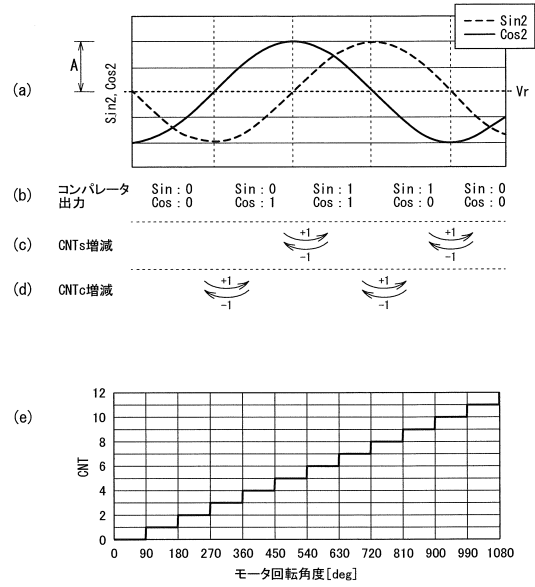
40

50

【図 5】

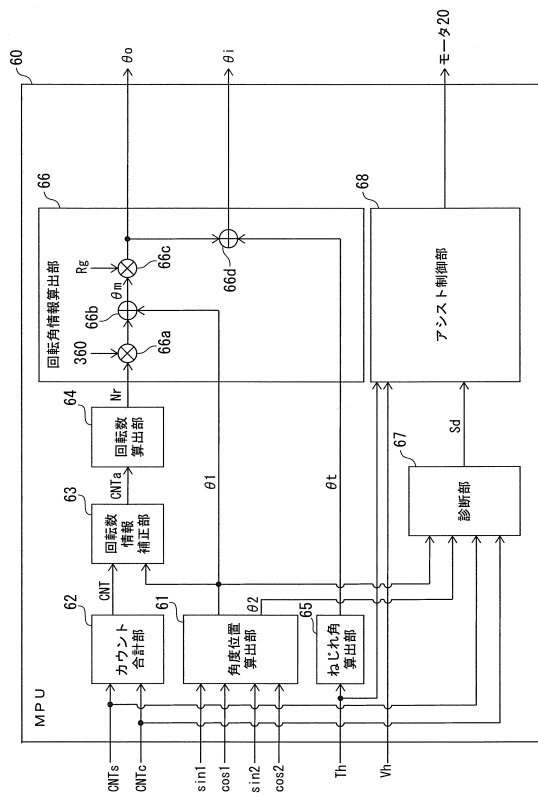


【図 6】

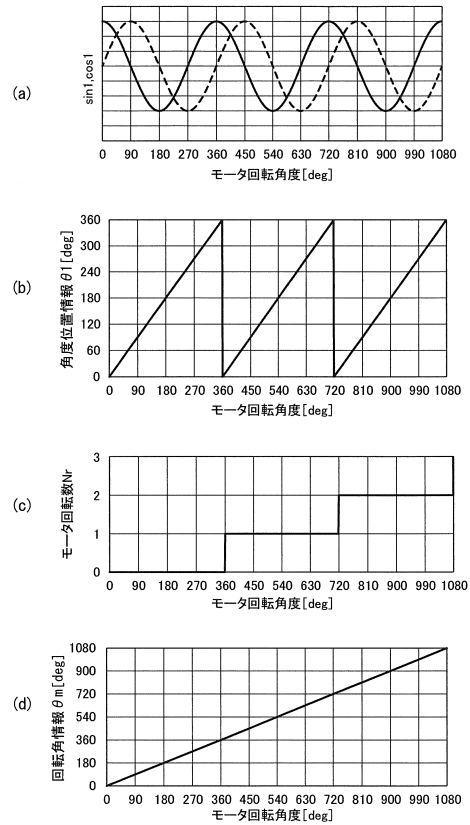


10

【図 7】



【図 8】

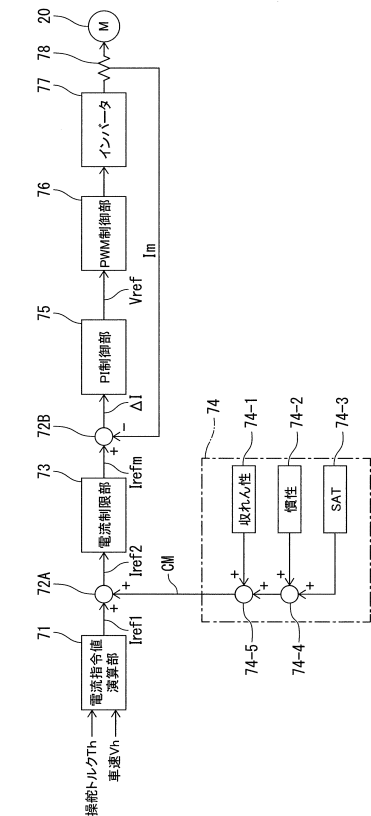


30

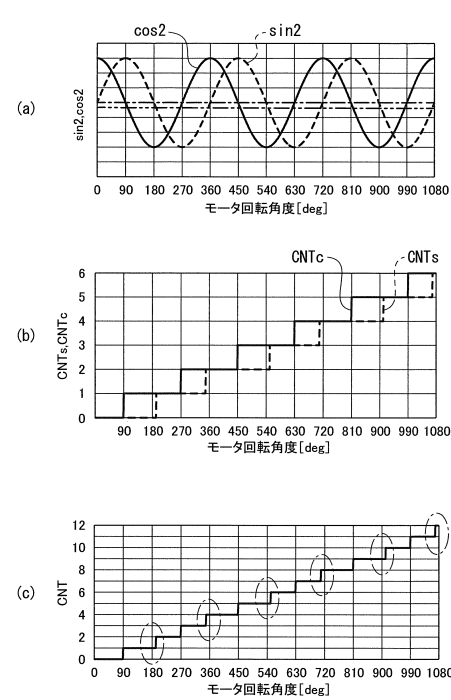
40

50

【図 9】



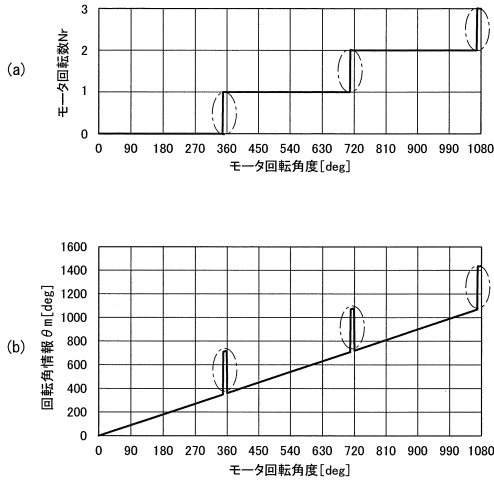
【図 10】



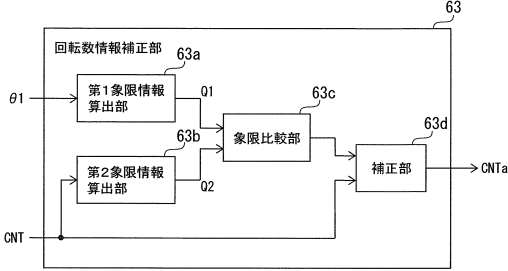
10

20

【図 11】



【図 12】

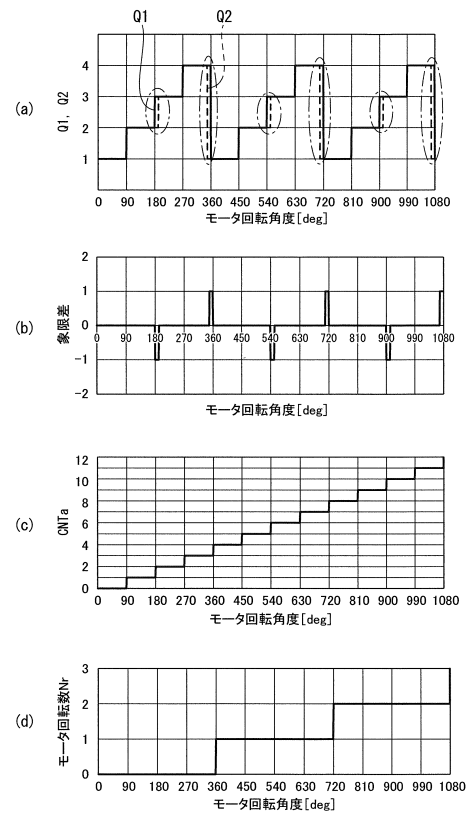


30

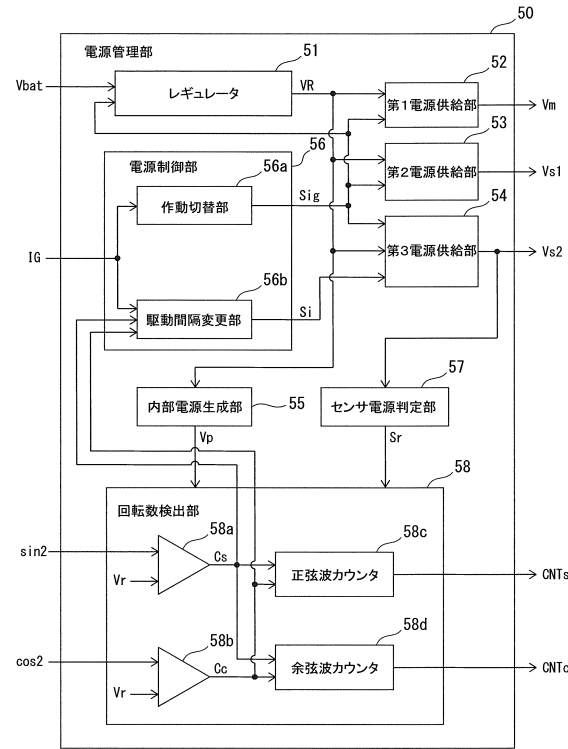
40

50

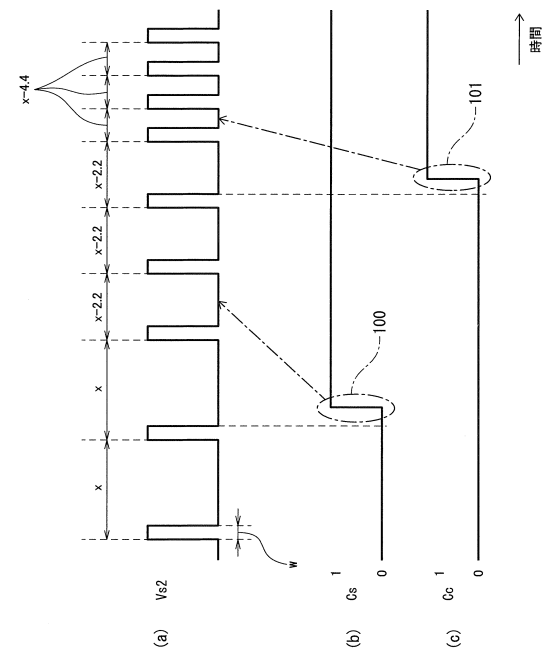
【図 1 3】



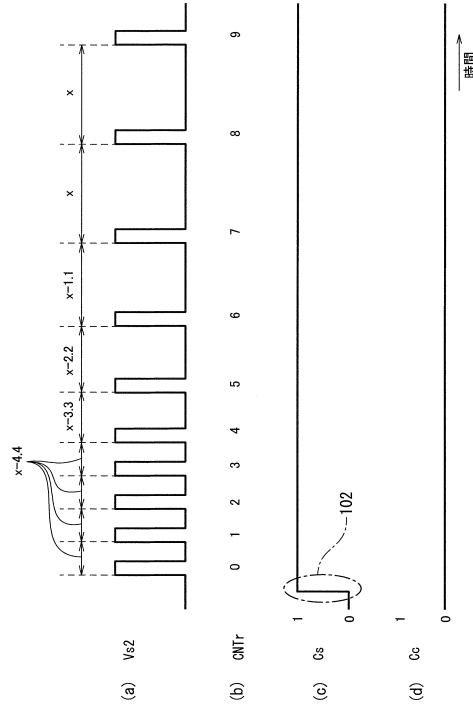
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

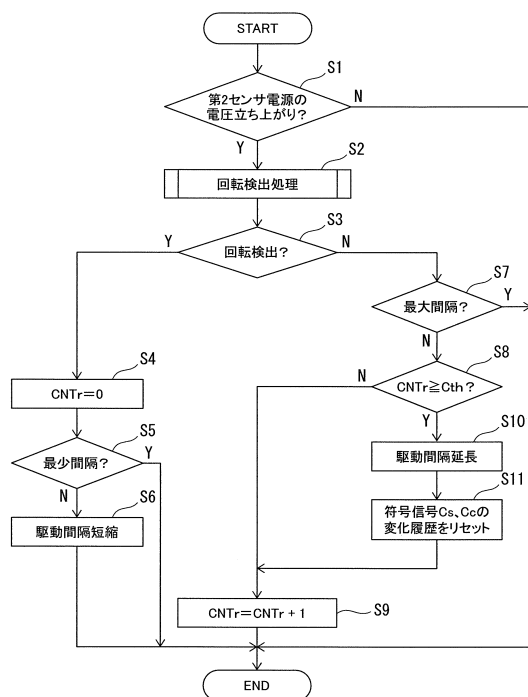
20

30

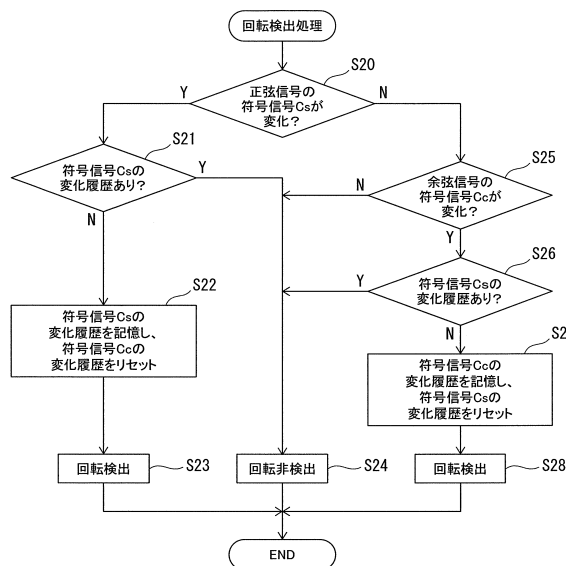
40

50

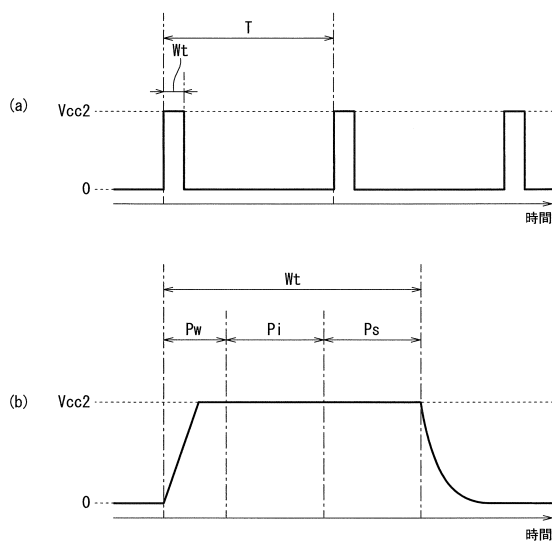
【図 17】



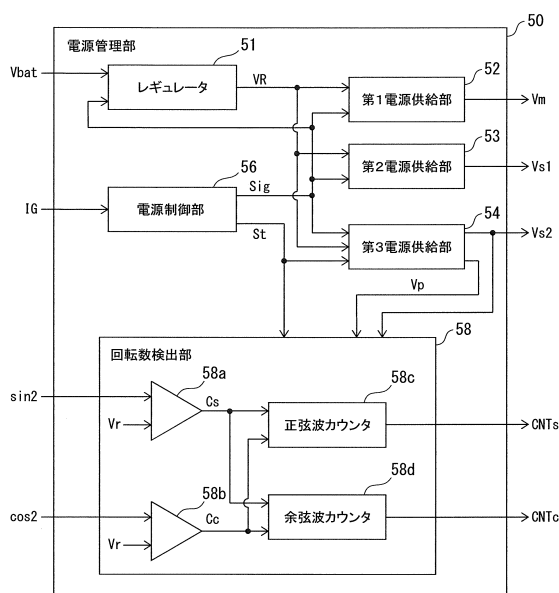
【図 18】



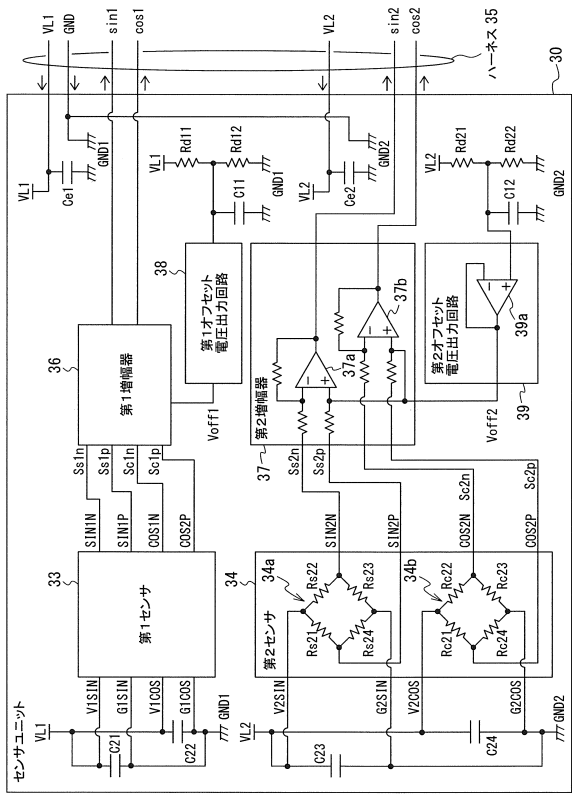
【図 19】



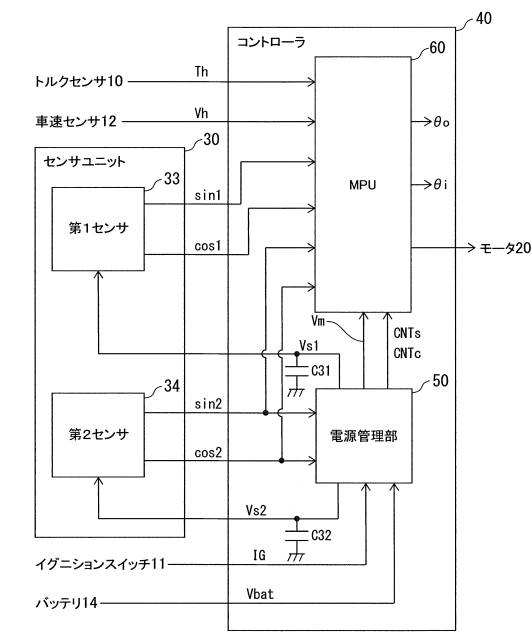
【図 20】



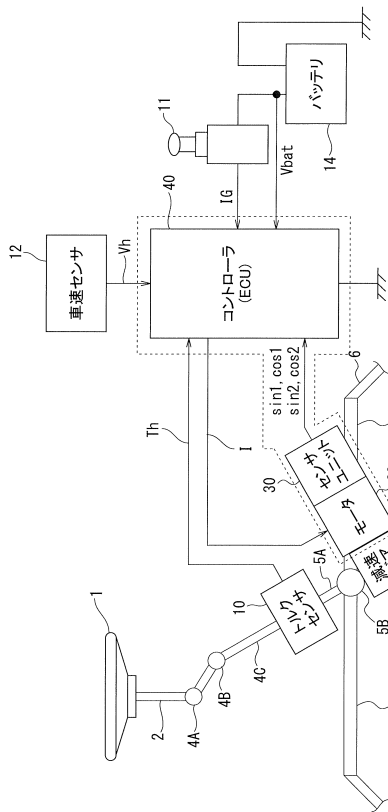
【図 2 1】



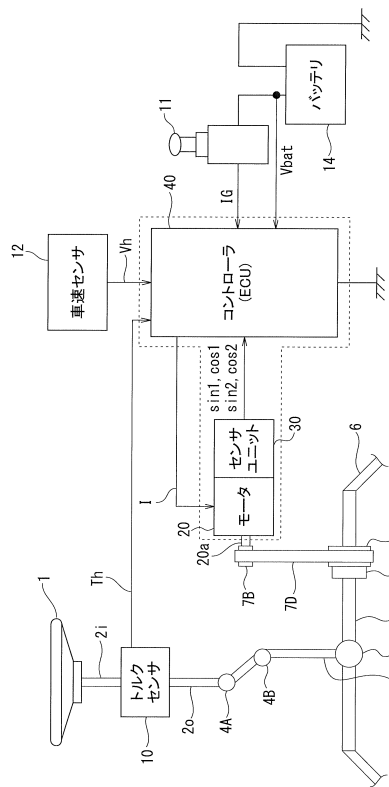
【図 2 2】



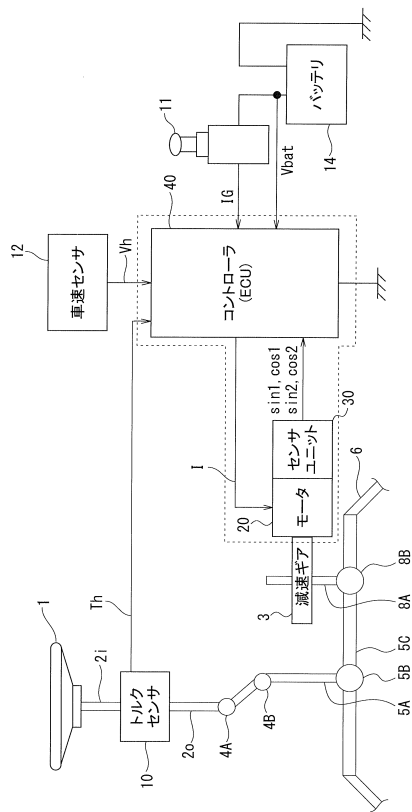
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(32)優先日 令和3年2月4日(2021.2.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(72)発明者 熊谷 紳

東京都品川区大崎一丁目6番3号 日本精工株式会社内

(72)発明者 中村 秀隆

東京都品川区大崎一丁目6番3号 日本精工株式会社内

審査官 吉田 久

(56)参考文献

特開2008-180698(JP, A)

特開2007-271372(JP, A)

特開2019-203749(JP, A)

特開2012-46047(JP, A)

特開2018-132353(JP, A)

特開2019-215310(JP, A)

特開2017-196991(JP, A)

国際公開第2017/026261(WO, A1)

特開2016-179760(JP, A)

特開2019-209722(JP, A)

国際公開第2019/097692(WO, A1)

特開2001-264345(JP, A)

特開昭58-182560(JP, A)

特開2005-140739(JP, A)

特開2017-133962(JP, A)

特開2007-64755(JP, A)

特表2018-510353(JP, A)

国際公開第2010/082086(WO, A1)

米国特許出願公開第2013/0205917(US, A1)

特開2012-103089(JP, A)

特開2004-239737(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00-5/252

G01B 7/00-7/34

B62D 5/00-6/10

G01P 3/00-3/80