

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6443227号
(P6443227)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018.12.7)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4L	12/28	(2006.01)	HO4L	12/28	200Z
B6OR	16/02	(2006.01)	B6OR	16/02	650J
B6OR	16/023	(2006.01)	B6OR	16/023	P

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2015-115743 (P2015-115743)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成27年6月8日 (2015.6.8)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-5418 (P2017-5418A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成29年1月5日 (2017.1.5)	(74) 代理人	100093779
審査請求日	平成29年8月25日 (2017.8.25)		弁理士 服部 雅紀
前置審査		(72) 発明者	鈴木 崇志
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	株根 秀樹
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	林 勝彦
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の電動パワーステアリング装置(90)に用いられ、
 検出対象から検出された運転者の操舵トルクの情報を有するセンサ信号をデジタル信号として送信するセンサ装置(504、505、50、60)と、
 信号線(Ls)を經由して前記センサ信号を受信し、且つ、受信した前記センサ信号における操舵トルクの情報に基づいて、モータ(80)が出力するアシストトルクについてのトルク指令の制御演算を所定の演算周期で行うマイコン(714、716)と、
 前記マイコンを含む制御装置(704、706)に設けられ、前記センサ装置に電源電圧を供給する電源供給回路(76、761、762)と、
 を備え、
 前記センサ装置と前記制御装置とは、前記信号線、基準電位線(Lg)、及び、前記電源供給回路から電源電圧が供給される電源供給線(Lp)で接続され、
 前記マイコンは、前記電源供給回路の出力を制御し、前記電源供給線を經由して前記センサ装置(504、505)に送信される前記電源供給回路の出力を、演算周期に同期した同期信号として用いて前記センサ装置に送信し、
 前記センサ装置は、
 前記マイコンから前記同期信号を受信したときを除き、前記センサ信号を一定周期で送信し、前記マイコンから前記同期信号を受信したとき、前記同期信号に応じて前記センサ信号の送信タイミングを変更することを特徴とする通信システム。

【請求項 2】

前記マイコンは、

前記電源供給回路が供給する電源電圧値の切替え、又は、電源電圧の供給と停止との切替えにより、前記同期信号を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 3】

個別の前記信号線、前記基準電位線及び前記電源供給線により共通の前記制御装置（706）に接続される複数の前記センサ装置（50、60）を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信システム。

【請求項 4】

前記マイコンは、

複数の前記センサ装置からの前記センサ信号の送信タイミングをずらすように、前記同期信号を出力することを特徴とする請求項 3 に記載の通信システム。

【請求項 5】

前記マイコンは、

前記電源供給回路から複数の前記センサ装置へ電源電圧を供給するタイミングをずらすことを特徴とする請求項 4 に記載の通信システム。

【請求項 6】

前記センサ信号は、米国自動車技術会規格 S A E - J 2 7 1 6 に準拠したニブル信号であ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通信システム。

【請求項 7】

前記ニブル信号は、時間情報を示すタイムスタンプが付与されており、

前記マイコンは、前記ニブル信号に付与されたタイムスタンプと、前記マイコンの演算に用いられるタイムスタンプとが不一致の場合、タイムスタンプ異常を検出するタイムスタンプ異常検出部（738）を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の通信システム。

【請求項 8】

前記マイコンは、前記タイムスタンプ異常検出部により前記タイムスタンプ異常が検出されたとき、前記センサ信号に基づくトルク指令の演算において前記センサ信号に乗ずるゲインを小さくすることを特徴とする請求項 7 に記載の通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサの検出信号を制御装置に伝送する通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、センサの検出信号を制御装置に伝送する通信システムにおいて、センサと制御装置とが時間情報を共有するようにした技術が知られている。例えば特許文献 1 に開示された技術では、制御装置は、要求信号としてトリガ信号を生成しセンサに送信する。センサは、要求信号に対する応答信号としてセンサ信号を制御装置に送信する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許公開 U S 2 0 1 3 / 0 3 4 3 4 7 2 A 1 明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

制御装置内のマイコンが、センサから所定の送信周期でデジタル通信されるセンサ信号を受信し、所定の演算周期でセンサ値に基づく制御演算を行う通信システムを想定する。この通信システムでセンサとマイコンとが異なるタイマで動作している場合、センサ及びマイコンがそれぞれ一定の送信周期、及び一定の演算周期で動作していても、センサの送信周期とマイコンの演算周期との周期ずれが生じると、制御性が悪化する。

10

20

30

40

50

【0005】

この周期ずれの問題に対し、特許文献1の技術では、マイコンからセンサへ送信されたトリガ信号をセンサが受信した後、センサからマイコンへセンサ信号を送信することで、マイコンとセンサとの周期を同期させている。しかし、この構成では、トリガ信号の送信機能に異常が生じ、トリガ信号がセンサに送信されない場合、センサはセンサ信号を送信しない。その結果、マイコンは、検出対象の情報を全く取得することができず、制御演算を実行不能となる。よって、周期ずれよりも更に深刻な事態に陥るおそれがある。

【0006】

本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、マイコンの送信機能に異常が生じたときでもマイコンがセンサ信号を受信可能な通信システムを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の通信システムは、車両の電動パワーステアリング装置に用いられ、センサ装置と、マイコンと、電源供給回路とを備える。センサ装置は、検出対象から検出された運転者の操舵トルクの情報を有するセンサ信号をデジタル信号として送信する。マイコンは、信号線を経由してセンサ信号を受信し、且つ、受信したセンサ信号における操舵トルクの情報に基づいて、モータが出力するアシストトルクについてのトルク指令の制御演算を所定の演算周期で行う。電源供給回路は、マイコンを含む制御装置に設けられ、センサ装置に電源電圧を供給する。

20

センサ装置と制御装置とは、信号線、基準電位線、及び、電源供給回路から電源電圧が供給される電源供給線で接続される。マイコンは、電源供給回路の出力を制御し、電源供給線を経由してセンサ装置に送信される電源供給回路の出力を、演算周期に同期した同期信号として用いてセンサ装置に送信する。センサ装置は、マイコンから同期信号を受信したときを除き、センサ信号を一定周期で送信し、マイコンから同期信号を受信したとき、同期信号に応じてセンサ信号の送信タイミングを変更することを特徴とする。

【0008】

本発明によると、センサ装置は、マイコンからの同期信号の有無に関係なくマイコンにセンサ信号を送信する。したがって、マイコンからの同期信号の送信機能に異常が生じ、同期信号が正常に送信されない場合にも、マイコンは、センサ装置が一定周期で送信するセンサ信号を受信し、受信したセンサ信号に基づいて所定の制御演算を実行可能である。よって、周期ずれは補正できないものの、特許文献1の従来技術のように制御演算が実行不能となる深刻な事態を回避することができる。

30

【0009】

一方、同期信号が正常に送信された場合、同期信号を受信したセンサ装置は、同期信号に応じてセンサ信号の送信タイミングを変更する。これにより、センサ装置の送信周期とマイコンの演算周期との周期ずれを補正し、制御性を向上させることができる。

本発明におけるセンサ信号として、例えば、米国自動車技術会規格 S A E - J 2 7 1 6 に準拠したニブル信号を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0010】

【図1】本発明の第1～第3実施形態による通信システムを示すブロック図。

【図2】本発明の実施形態による通信システムが適用される電動パワーステアリング装置の概略構成図。

【図3】SENT通信で用いられるセンサ信号の例を示す図。

【図4】本発明の第1実施形態による通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート

。

【図5】本発明の第2実施形態による通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート

。

【図6】本発明の第3実施形態による通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート

50

- 。【図 7】本発明の第 4 実施形態による通信システムを示すブロック図。
 【図 8】図 7 の通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート。
 【図 9】本発明の第 5 実施形態による通信システムを示すブロック図。
 【図 10】図 9 の通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート。
 【図 11】本発明の第 6、第 7 実施形態による通信システムを示すブロック図。
 【図 12】本発明の第 6 実施形態による通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート。
 【図 13】本発明の第 7 実施形態による通信システムでのセンサ信号送信のタイムチャート。
 【図 14】本発明の第 8 実施形態によるマイコンのブロック図。
 【図 15】図 14 のマイコンにてタイムスタンプ異常を検出したときのゲイン変更を示すタイムチャート。
 【図 16】本発明のその他の実施形態による通信システムを示すブロック図。
 【発明を実施するための形態】

10

【0011】

以下、本発明の複数の実施形態による通信システムを図面に基づいて説明する。複数の実施形態において実質的に同一の構成には、同一の符号を付して説明を省略する。以下、「本実施形態」というとき、第 1 ~ 第 8 実施形態を包括する。第 4 ~ 第 8 実施形態が請求項に係る発明を実施するための形態に相当する。

20

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態の通信システムについて、図 1 ~ 図 4 を参照して説明する。本実施形態の通信システムは、車両の電動パワーステアリング装置に適用される。

図 2 に、電動パワーステアリング装置 90 を含むステアリングシステム 100 の全体構成を示す。なお、図 2 に示す電動パワーステアリング装置 90 はコラムアシスト式であるが、ラックアシスト式の電動パワーステアリング装置にも同様に適用可能である。

【0012】

ステアリングシステム 100 は、ハンドル 91、ステアリングシャフト 92、ピニオンギア 96、ラック軸 97、車輪 98、及び、電動パワーステアリング装置 90 等を含む。

ハンドル 91 にはステアリングシャフト 92 が接続されている。ステアリングシャフト 92 の先端に設けられたピニオンギア 96 は、ラック軸 97 に噛み合っている。ラック軸 97 の両端には、タイロッド等を介して一对の車輪 98 が設けられる。運転者がハンドル 91 を回転させると、ハンドル 91 に接続されたステアリングシャフト 92 が回転する。ステアリングシャフト 92 の回転運動は、ピニオンギア 96 によりラック軸 97 の直線運動に変換され、ラック軸 97 の変位量に応じた角度に一对の車輪 98 が操舵される。

30

【0013】

電動パワーステアリング装置 90 は、トルクセンサ Assy 93、「制御装置」としての ECU 701、モータ 80、及び減速ギア 94 等を含む。

トルクセンサ Assy 93 は、ステアリングシャフト 92 の途中に設けられ、ハンドル 91 側の入力軸 921 と、ピニオンギア 96 側の出力軸 922 との擦れ角に基づき、操舵トルクを検出する。ECU 701 は、トルクセンサ Assy 93 から取得した操舵トルクに基づいて、モータ 80 が出力するアシストトルクについてのトルク指令を演算する。そして、モータ 80 が指令通りのトルクを出力するように通電を制御する。モータ 80 が発生したアシストトルクは、減速ギア 94 を介してステアリングシャフト 92 に伝達される。

40

【0014】

ECU 701 は、例えば、モータ 80 に通電される電流やモータ 80 が出力するトルクをフィードバック制御することによりモータ 80 の通電を制御する。なお、ECU 701 における各処理は、予め記憶されたプログラムを CPU で実行することによるソフトウェア処理であってもよく、専用の電子回路によるハードウェア処理であってもよい。また、

50

E C U 7 0 1 とモータ 8 0 とは一体に構成されてもよい。

【 0 0 1 5 】

次に、第 1 実施形態の通信システムの構成について、図 1 を参照する。

通信システム 4 0 1 は、トルクセンサ A s s y 9 3 内において検じれ角を検出し、センサ信号を送信するセンサ装置 5 0 1 と、このセンサ信号を受信する「制御装置」としての E C U 7 0 1 とを備える。第 1 実施形態では、一つのセンサ装置 5 0 1 と E C U 7 0 1 とが、信号線 L s 、電源供給線 L p 、基準電位線 L g の 3 本の線で接続されている。

【 0 0 1 6 】

センサ装置 5 0 1 は、物理量を直接的に検出するセンサ素子 5 1 の他、センサ素子 5 1 の検出機能や出力機能等を付加する周辺要素を含む。例えば、センサ素子 5 1 として磁気検出素子であるホール素子を用いる場合、ホール素子を含むパッケージであるホール I C がセンサ装置 5 0 1 に相当する。さらに、トルクセンサ A s s y 9 3 は、センサ装置 5 0 1 に加え、トーションバー、多極磁石、磁気ヨーク、集磁リング等を含んで構成される。トルクセンサ A s s y 9 3 の一般的な構成は周知であるため、図示を省略する。

センサ素子 5 1 がホール素子である場合、センサ素子 5 1 は、トーションバーの検じれ変位に基づく集磁リングの磁気変位を検出し電圧信号に変換して出力する。この例では、集磁リングが「検出対象」に相当する。また、検じれ変位又はそれと相関する操舵トルクが「検出対象から検出された情報」に相当する。

【 0 0 1 7 】

センサ装置 5 0 1 は、センサ素子 5 1 の周辺要素として、以下の各実施形態に共通に、サンプルホールド部（図中、「S / H」）5 3、送信回路 5 4、タイマ 5 5、電源 5 8 を含む。また、第 1 ~ 第 3 実施形態に特有の構成として、同期信号判定回路 5 6 を含む。

サンプルホールド部 5 3 は、センサ素子 5 1 が出力したアナログ電圧信号を所定周期で保持し、A / D（アナログ / デジタル）変換する。なお、図 1 等に示すサンプルホールド部 5 3 は、メモリ機能を含む。

【 0 0 1 8 】

送信回路 5 4 は、デジタル信号であるセンサ信号を送信する。特に本実施形態では、センサ信号として、米国自動車技術会規格 S A E - J 2 7 1 6 に準拠したニブル信号、いわゆる S E N T（シングルエッジニブル伝送）方式の信号が用いられる。

S E N T 方式は、例えば特開 2 0 1 5 - 4 6 7 7 0 号公報に開示されているように、4 ビットのニブル信号を用いた双方向通信可能な伝送方式である。S E N T 方式のセンサ信号の一例として、メインセンサ及びサブセンサの二つのデータを一つの信号として送信する例を図 3 に示す。

【 0 0 1 9 】

図 3 に例示するセンサ信号は、同期信号、ステータス信号、メインデータ信号、サブデータ信号、C R C 信号及びエンド信号からなり、この順で一連の信号として出力される。

同期信号の長さは例えば 5 6 [t i c k] であり、1 [t i c k] は例えば 1 . 5 [μ s] に設定される。

ステータス信号、メインデータ信号、サブデータ信号、C R C 信号の大きさは、順に、例えば 1 ニブル（4 ビット）、3 ニブル（1 2 ビット）、3 ニブル（1 2 ビット）、1 ニブル（4 ビット）である。

【 0 0 2 0 】

データ信号の大きさが 3 ニブルであるということは、最大で「0 0 0」~「F F F」の 2¹²通り（4 0 9 6 通り）のデータ値が送信可能であることを意味する。

図 4 以下のタイムチャートでは、図 3 のような一連の信号を一つのフレーム F r として記載する。各フレーム F r は、厳密には、データ信号の値が一定でないが、便宜上、同一の符号 F r を付す。

【 0 0 2 1 】

図 1 に戻り、タイマ 5 5 は、カウンタ値に応じてセンサ信号の送信開始タイミングを決定する。したがって、タイマ 5 5 のカウンタ値を調整することにより、センサ信号の送信

10

20

30

40

50

開始タイミングを変更することができる。本実施形態では、ECU701のマイコン711から送信される同期信号に応じて、センサ信号の送信開始タイミングを変更する。

第1～第3実施形態では、電圧パルスによる同期信号が、信号線Lsを經由してセンサ装置501に送信される。同期信号は、マイコン711の演算周期に同期し、センサ装置501の送信周期とマイコン711の演算周期とを同期させる信号である。

【0022】

同期信号判定回路56は、信号線Lsの電位に基づき、同期信号を受信したことを判定し、タイマ55のカウント値をリセットする。この作用の詳細は後述する。

電源58は、各素子及び回路の動作電源である。電源58の電圧は、電源供給線Lpを經由して、ECU701の電源供給回路76から供給される。また、各素子及び回路は、共通の基準電位線Lgに接続されている。

【0023】

ECU701は、マイコン711及び電源供給回路76を含む。第1～第3実施形態では、ECU701は、さらに、信号線Lsと基準電位線Lgとの間に接続されたスイッチ745を含む。スイッチ745は、例えば半導体スイッチング素子である。

マイコン711は、受信回路72、演算装置73を含む。第1～第3実施形態では、マイコン711は、さらに同期信号生成部74を含む。マイコン711には信号線Lsが接続されている。

【0024】

受信回路72は、センサ装置501の送信回路54から信号線Lsを經由して送信されたセンサ信号を受信する。なお、図1等に示す受信回路72は、メモリ機能を含む。

演算装置73は、CPUに相当する。演算装置73は、受信回路72が受信したセンサ信号に基づき、所定の演算周期で制御演算を行う。具体的には、演算装置73は、モータ80が出力するアシストトルクについてのトルク指令を演算する。なお、トルク指令演算の詳細については、後述の第8実施形態(図14)にて説明する。

【0025】

同期信号生成部74は、演算装置73の演算周期に同期した同期信号を生成する。同期するとは、演算開始タイミングと同期信号を発生するタイミングとが所定の間隔であるという意味であり、例えば同期信号は所定演算周期毎でもランダムな演算周期毎でもよい。

この例では、同期信号生成部74がスイッチ745にゲートパルス信号を出力してスイッチ745をONし、信号線Lsの電位を一時的に降下させる。この電圧変化を同期信号としてセンサ装置501に送信する。このように、第1～第3実施形態では、信号線Lsを經由して、双方向に信号が通信される。

電源供給回路76は、センサ装置501に電源電圧を供給する。

【0026】

続いて、第1実施形態のセンサ装置501によるセンサ信号の送信について図4を参照する。図4の横軸は時間を示し、縦軸は上から順に、タイマ55のカウント値、送信回路54からマイコン711に送信されるセンサ信号、マイコン711が出力する同期信号を示している。

タイマ55のカウント値は、0から始値SSを超えて終値SEまで一定の傾きで上昇する。送信回路54は、カウント値が始値SSのときセンサ信号の送信を開始し、カウント値が終値SEのときセンサ信号の送信を終了する。カウント値は終値SEに達すると0にリセットされる。

【0027】

図4に示すように、時刻 t_{1o} にカウント値が0から上昇し始める。カウント値が始値SSとなる時刻 t_{1s} に、サンプルホールド部53は、センサ素子51の検出値をサンプルホールドし、A/D変換する。送信回路54は、A/D変換されたデジタルデータを一連のセンサ信号として送信開始する。そして、時刻 t_{1s} から、カウント値が終値SEとなる時刻 t_{1e} ($=t_{2o}$)までの期間に1回目のセンサ信号が送信される。同様に時刻 t_{2s} から時刻 t_{2e} までの期間に2回目のセンサ信号が送信される。

10

20

30

40

50

【0028】

1回目、2回目のカウントアップ中、センサ装置501は、マイコン711からの同期信号を受信しない。センサ装置501が同期信号を受信しないとき、前回のセンサ信号の送信開始タイミングから今回のセンサ信号の送信開始タイミングまでの送信周期は、センサ装置501内のクロックに基づき一定に維持される。この一定周期を「通常を送信周期 T_o 」と記す。

【0029】

一方、3回目のカウントアップでは、時刻 t_{3o} にカウント値が0から上昇し始めた後、始値 SS に達する以前の時刻 t_{3sy} にマイコン711が同期信号 $Sync$ を出力する。同期信号 $Sync$ は、信号線 Ls を経由してセンサ装置501に送信される。

センサ装置501の同期信号判定回路56は、同期信号 $Sync$ を受信したことを判定する。例えば、同期信号判定回路56は、判定期間 JP の間に信号線 Ls の電位が基準電位になることを判定する。或いは、一回のセンサ信号の送信期間よりも長い期間、信号線 Ls の電位が基準電位になることを判定する等の構成としてもよい。

【0030】

時刻 t_{3sy} に同期信号判定回路56が同期信号 $Sync$ の受信を判定すると、タイム55のカウント値がリセットされ、再び0から上昇し始める。その結果、3回目のセンサ信号は、同期信号 $Sync$ を受信しなかったときに比べ、少し遅れて送信される。

これにより、センサ装置501の送信周期とマイコン711の演算周期との周期ずれを補正することができる。

【0031】

ここで、マイコン711は、センサ信号の送信周期の毎周期に同期信号 $Sync$ を出力する必要はない。センサ装置501の送信周期とマイコン711の演算周期との周期ずれが制御性に影響するレベルに達するまでの時間等に応じて、センサ信号の送信周期の複数周期に1回、同期信号 $Sync$ を出力すればよい。

【0032】

ところで、マイコン711が同期信号 $Sync$ を生成したにもかかわらず、送信機能の異常により同期信号 $Sync$ がセンサ装置501に送信されない場合が考えられる。この場合、二点鎖線で示すように、3回目のカウント値は、リセットされることなく1回目、2回目と同様に上昇する。したがって、3回目のセンサ信号は、2回目のセンサ信号から通常を送信周期 T_o で送信される。

【0033】

特許文献1（米国特許公開US2013/0343472A1明細書）に開示された従来技術では、マイコンが送信したトリガ信号をセンサが受信した後、センサからマイコンへセンサ信号を送信する。しかし、この構成では、トリガ信号の送信機能に異常が生じ、トリガ信号が正常に送信されない場合、センサはセンサ信号を送信しない。その結果、マイコンは、検出対象の情報を全く取得することができず、制御演算を実行不能となる。

【0034】

それに対し、第1実施形態の通信システム401では、センサ装置501は、マイコン711からの同期信号 $Sync$ の有無に関係なく、マイコン711にセンサ信号を送信する。したがって、マイコン711からの同期信号 $Sync$ の送信機能に異常が生じ、同期信号 $Sync$ が正常に送信されない場合にも、マイコン711は、センサ装置501が一定周期で送信するセンサ信号を受信可能である。そして、受信したセンサ信号に基づいて所定の制御演算を実行することができる。

よって、周期ずれは補正できないものの、特許文献1の従来技術のように制御演算が実行不能となる深刻な事態を回避することができる。例えば電動パワーステアリング装置90に適用される場合、トルクアシスト機能が全く失われる事態を回避することができる。

【0035】

（第2実施形態）

第2実施形態の通信システムの構成は、図1に示す第1実施形態の構成と同様である。

第2実施形態の作動について、図5のタイムチャートを参照して説明する。

第2実施形態は、二回のパルス信号の間隔に応じてセンサ信号送信の始値 SS 及び終値 SE をシフトすることにより、センサ信号の送信タイミングを変更する点を特徴とする。

【0036】

図5の例では、時刻 t_{2syA} に第1同期信号 $Syn c A$ が送信され、タイマ55のカウンタ値がリセットされて0から上昇し始める。その後、カウンタアップ中の時刻 t_{2syB} に第2同期信号 $Syn c B$ が送信される。そして、第1同期信号 $Syn c A$ から第2同期信号 $Syn c B$ までの時間間隔 t に応じた値 T_m だけ、始値 SS 及び終値 SE をシフトさせ、補正後の始値 SS^* 及び終値 SE^* を設定する。その結果、センサ信号は、カウンタ値が始値 SS^* となる時刻 t_{2s} からカウンタ値が終値 SE^* となる時刻 t_{2e} までの期間に送信される。

10

【0037】

第2実施形態でも、第1実施形態と同様に、タイマ55による送信周期の周期ずれを補正するように、センサ信号の送信タイミングを変更することができる。同期信号 $Syn c A$ 、 $Syn c B$ は、センサ信号の送信周期の複数周期に1回、出力されればよい。また、同期信号 $Syn c A$ 、 $Syn c B$ の送信異常が生じたときでも、センサ装置501は通常の送信周期でセンサ信号を送信するため、マイコン711はセンサ信号を受信し、制御演算を行うことができる。

【0038】

(第3実施形態)

20

第3実施形態の通信システムの構成は、図1に示す第1実施形態の構成と同様である。

第3実施形態の作動について、図6のタイムチャートを参照して説明する。

時刻 t_{1o} にセンサ装置501が起動され、1回目のセンサ信号の送信開始時 t_{1s} の後、時刻 t_{mc} にマイコン711が起動される。マイコン711は、起動後、1回目のセンサ信号の送信終了時 t_{1e} を過ぎるまで、同期信号 $Syn c$ を継続して出力する。この場合の「継続」とは、パルス信号を反復継続して出力するという意味である。

【0039】

時刻 t_{1e} を過ぎて最初に出力された同期信号 $Syn c$ によりタイマ55のカウンタ値がリセットされ、センサ信号の送信タイミングが変更される。

マイコン711は、その後、停止するまでずっと継続して同期信号 $Syn c$ を出力してもよい。或いは、例えば送信周期の数倍に相当する長周期毎に、同期信号 $Syn c$ を継続出力する期間と、継続出力を停止する期間とを交互に繰り返すようにしてもよい。

30

【0040】

要するに、マイコン711は、「起動後、少なくとも起動時に送信されているセンサ信号が終了する後まで、同期信号 $Syn c$ を継続して出力する」点が第3実施形態の特徴である。これにより、同期信号 $Syn c$ を安定して出力することができる。その他、第3実施形態は、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0041】

(第4実施形態)

40

第4実施形態の通信システムについて、図7、図8を参照して説明する。

第4実施形態の通信システム404は、センサ装置504とECU704とを備える。センサ装置504は、第1実施形態のセンサ装置501に対し、同期信号判定回路56に代えて電源電圧判定回路57を含む。ECU704のマイコン714は、第1実施形態のマイコン711に対し、同期信号生成部74に代えて電源供給信号生成部75を含む。また、ECU704はスイッチ745を含まない。

【0042】

第4実施形態では、電源供給回路76からセンサ装置504に供給される電源電圧として、通常値及び特別値の二値を切り替え可能である。通常値及び特別値は、センサ装置504の動作に影響が無く、且つ、二値を適切に判別可能な値の組み合わせが設定される。例えば、通常値は $5.5[V]$ 、特別値は $4.5[V]$ に設定される(図8参照)。

50

電源供給信号生成部 75 は、同期信号を出力するとき特別値を選択し、それ以外のとき通常値を選択するように電源供給回路 76 に指令する。つまり、電源電圧値を通常値と特別値とで切り替えることにより、同期信号を出力する。

【 0043 】

センサ装置 504 の電源電圧判定回路 57 は、供給された電源電圧を検出し、特別値であるとき、同期信号を受信したことを判定する。電源電圧判定回路 57 が同期信号を受信したことを判定すると、タイマ 55 のカウント値がリセットされる。

図 8 に示すように、第 4 実施形態の通信システム 404 では、第 1 実施形態と同様に、センサ信号の送信開始タイミングを同期信号 Sync に応じて変更することができる。また、同期信号 Sync が送信されない場合、二点鎖線で示すように、センサ信号は、通常の送信周期 T_o で送信される。よって、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

【 0044 】

(第 5 実施形態)

第 5 実施形態の通信システムについて、図 9、図 10 を参照して説明する。

第 5 実施形態の通信システム 405 は、センサ装置 505 と ECU 704 とを備える。センサ装置 505 は、第 4 実施形態のセンサ装置 504 に対し、電源電圧判定回路 57 を含まない。ECU 704 の構成は、第 4 実施形態と実質的に同一である。

【 0045 】

第 5 実施形態では、電源供給回路 76 からセンサ装置 505 へ供給される電源電圧について、供給と停止とを切り替えることによって同期信号 Sync が生成される。言い換えれば、第 5 実施形態は、第 4 実施形態において特別値を 0 [V] とした場合に相当する。

図 10 に示すように、電源電圧の供給が停止されたとき、タイマ 55 のカウントも停止する。したがって、電源供給信号生成部 75 からの指令により、電源電圧停止後の再供給のタイミングを調整し、センサ信号の送信開始タイミングを変更することができる。

その他、第 5 実施形態は、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

【 0046 】

(第 6、第 7 実施形態)

第 6、第 7 実施形態の通信システムについて、図 11 ~ 図 13 を参照して説明する。

図 11 に示す通信システム 406 は、複数のセンサ装置 50、60 と ECU 706 とを備える。第 1 センサ装置 50 及び第 2 センサ装置 60 は、個別の信号線 L_{s1}、L_{s2}、電源供給線 L_{p1}、L_{p2}、及び、基準電位線 L_{g1}、L_{g2} により共通の ECU 706 に接続されている。第 1 センサ装置 50 と第 2 センサ装置 60 とは実質的に同一の構成であり、いずれか一方が故障したとき、他方により検出機能を確保することができるように冗長的に設けられている。

【 0047 】

ECU 706 のマイコン 716 は、信号線 L_{s1} を経由して第 1 センサ装置 50 からセンサ信号を受信する第 1 受信回路 721、及び、信号線 L_{s2} を経由して第 2 センサ装置 60 からセンサ信号を受信する第 2 受信回路 722 を有している。演算装置 73 は、第 1 受信回路 721 及び第 2 受信回路 722 が受信したセンサ信号に基づき、所定の演算周期でトルク指令演算等の制御演算を行う。

【 0048 】

第 1 電源供給回路 761 及び第 2 電源供給回路 762 は、電源供給線 L_{p1}、L_{p2} を経由して、第 1 センサ装置 50 及び第 2 センサ装置 60 に電源電圧を供給する。また、基準電位線 L_{g1}、L_{g2} は、共通の基準電位に接続される。

第 1 センサ装置 50 及び第 2 センサ装置 60 は、上記第 1 ~ 第 5 実施形態のどのセンサ装置の構成を採用してもよく、それに対応して ECU 706 の構成も変更される。図 11 では、便宜上、第 1 ~ 第 3 実施形態に準ずる同期信号生成部 74 及びスイッチ 745、746 を実線で示し、第 4、第 5 実施形態に準ずる電源供給信号生成部 75 を破線で示す。

【 0049 】

第 1 ~ 第 3 実施形態に準ずる構成では、同期信号生成部 74 がスイッチ 745、746

10

20

30

40

50

に出力するゲートパルス信号のタイミングを制御し、第1センサ装置50及び第2センサ装置60に対し、それぞれ同期信号を送信する。なお、この構成では、電源供給回路761、762を一つにまとめてもよい。

第4、第5実施形態に準ずる構成では、電源供給信号生成部75が電源電圧の通常値と特別値との切り替え、又は、電源電圧の供給と停止との切り替えのタイミングを制御し、第1センサ装置50及び第2センサ装置60に対し、それぞれ同期信号を送信する。

【0050】

第1センサ装置50及び第2センサ装置60によるセンサ信号の送信タイミングの関係について、図12、図13を参照して説明する。図12、図13では、第1センサ装置50が送信するセンサ信号のフレームをFr1、第2センサ装置60が送信するセンサ信号のフレームをFr2と表す。

10

【0051】

図12に示す第6実施形態では、第1センサ装置50及び第2センサ装置60は、センサ信号を同時に送信する。また、マイコン716からの同期信号Syncは、時刻t3syに、第1センサ装置50及び第2センサ装置60に同時に送信される。

時刻t1sにサンプルホールドされた検出値は、演算装置73のトルク指令演算IIに反映される。また、時刻t2sにサンプルホールドされた検出値は、演算装置73のトルク指令演算IIIに反映される。

【0052】

図13に示す第7実施形態では、第1センサ装置50及び第2センサ装置60は、タイミングが重ならないように、すなわちタイミングをずらしてセンサ信号を送信する。図13では、第2センサ装置60についての各タイミングの記号として、tの後に「^{*}」を付して区別する。マイコン716からの同期信号Syncは、時刻t3syに第1センサ装置50に送信され、時刻t^{*}3syに第2センサ装置60に送信される。時刻t3syと時刻t^{*}3syとの時間差は、例えば通常の送信周期Toの2分の1である(To/2)に設定される。

20

時刻t1sにサンプルホールドされた検出値は、演算装置73のトルク指令演算IIIに反映される。

【0053】

第5実施形態に準ずる構成で同期信号を生成する場合(図10参照)には、電源供給回路761、762から第1センサ装置50及び第2センサ装置60へ電源電圧を供給するタイミングをずらすことにより、第1センサ装置50及び第2センサ装置60からマイコン716へのセンサ信号の送信タイミングをずらすことができる。

30

【0054】

(第8実施形態)

第8実施形態の通信システムについて、図14、図15を参照して説明する。

第8実施形態は、演算装置73が、受信したセンサ信号の異常を検出し、また、異常を検出したとき特定の処理を行うものである。第8実施形態は、センサ装置が一つ又は複数のいずれの通信システムにも応用することができる。

図14には、第1受信回路721及び第2受信回路722が、二つのセンサ装置からそれぞれセンサ信号S1、S2を受信する構成を示す。

40

【0055】

演算装置73は、センサ値加算部731、トルク指令演算部732、電流フィードバック制御部733、信号異常検出部735、通信途絶異常検出部736、偏差過大異常検出部737及びタイムスタンプ異常検出部738を含む。

まず、センサ信号S1、S2がいずれも正常であると仮定する。

センサ値加算部731は、センサ信号S1、S2の値を加算し、加算値Sumをトルク指令演算部732に出力する。

トルク指令演算部732は、取得した加算値Sumに基づいてトルク指令trq^{*}を演算する。また、トルク指令演算部732は、前回の演算に用いた前回値を記憶する。

50

【 0 0 5 6 】

電流フィードバック制御部 7 3 3 は、トルク指令演算部 7 3 6 が演算したトルク指令 t_{rq} に基づき、モータ 8 0 が所望のアシストトルクを出力するように、インバータ 7 8 に電圧指令を出力する。インバータ 7 8 は、この電圧指令に基づき、図示しないバッテリーの直流電圧を三相交流電圧 V_u 、 V_v 、 V_w に変換し、モータ 8 0 の巻線に印加する。

電流フィードバック制御部 7 3 3 は、電流センサ 7 9 1、7 9 2 が検出した相電流 I_v 、 I_w 、及び、回転角センサ 8 5 が検出した電気角 に基づく電流フィードバック制御により、電圧指令を演算する。

【 0 0 5 7 】

続いて、各異常検出部について説明する。各異常検出部は、センサ装置のセンサ素子 5 1 や送信回路 5 4、又は信号線 L_s 等の故障等により発生したセンサ信号の異常を検出する。ここで、各センサ信号 S_1 、 S_2 は、SENT方式のニブル信号であり、時間情報を示すタイムスタンプ $t(S_1)$ 、 $t(S_2)$ が付与されている。

【 0 0 5 8 】

以下、通信システムが物理的に有するセンサ素子の合計数に関係なく、前回の判定終了時点で、トルク指令演算部 7 3 2 が演算に使う情報として有効な、すなわち正常なセンサ信号の数が二つの場合を「2 センサ時」といい、一つの場合を「1 センサ時」という。

まず、「2 センサ時」に異常検出された場合の処理について説明する。

【 0 0 5 9 】

信号異常検出部 7 3 5 は、各センサ信号 S_1 、 S_2 の値が明らかな異常値である信号異常を検出する。

通信途絶異常検出部 7 3 6 は、各センサ信号 S_1 、 S_2 の通信が途絶された通信途絶異常を検出する。

偏差過大異常検出部 7 3 7 は、二つのセンサ信号 S_1 、 S_2 の偏差 S が過大である偏差過大異常を検出する。

タイムスタンプ異常検出部 7 3 8 は、各センサ信号 S_1 、 S_2 に付与されたタイムスタンプ $t(S_1)$ 、 $t(S_2)$ が、演算装置 7 3 の演算に用いられるタイムスタンプと不一致の場合、タイムスタンプ異常を検出する。

【 0 0 6 0 】

2 センサ時に、二つのセンサ信号 S_1 、 S_2 のうち一方の信号異常又は通信途絶異常が検出されたとき、二点鎖線で示すように、センサ値加算部 7 3 1 は、正常なセンサ信号の値のみを選択する。二つのセンサ信号の値の加算値と一つの正常なセンサ信号の値とでは、略 2 倍の差が発生するが、2 倍に相当する演算をトルク指令演算部 7 3 2 内で行う。

2 センサ時に偏差過大異常が検出されたときにはセンサ信号 S_1 、 S_2 のいずれが異常であるか不明であるため、トルク指令演算部 7 3 2 は、前回値をホールドする。

【 0 0 6 1 】

2 センサ時に、二つのセンサ信号 S_1 、 S_2 のうち一方のタイムスタンプ異常が検出されたとき、図 1 5 (a) に示すように、トルク指令演算部 7 3 2 はトルク指令演算ゲインを操作する。二つのセンサ信号 S_1 、 S_2 が正常である初期のゲインを k_o とする。時刻 $t \times 1$ にタイムスタンプ異常検出部 7 3 8 がタイムスタンプ異常を検出すると、トルク指令演算部 7 3 2 はゲインを k_o から徐々に低下させる。時刻 $t \times 2$ にゲインが所定値 k_x まで低下した後は、所定値 k_x を維持する。

【 0 0 6 2 】

ノイズ等による誤検出防止のため、タイムスタンプ異常が検出される状態が時刻 $t \times 1$ から所定時間継続した時刻 $t \times 3$ に異常が確定される。そして、トルク指令演算部 7 3 2 は、正常なセンサ信号の値のみを用いてトルク指令を演算するように切り替えると共に、ゲインを初期値 k_o に戻す。

このように、偏差過大異常の場合を除き、異常と検出されたセンサ信号の使用を中止し、正常なセンサ信号のみを使用するように演算モードが変更される。こうして、「2 センサ時」から「1 センサ時」に移行する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

続いて、「1センサ時」に異常検出された場合の処理について説明する。1センサ時には、偏差過大異常は除外される。

1センサ時に唯一のセンサ信号の信号異常又は通信途絶異常が検出されたとき、一点鎖線で示すように、トルク指令演算部732は、前回値をホールドする。

【 0 0 6 4 】

1センサ時に唯一のセンサ信号のタイムスタンプ異常が検出されたとき、図15(b)に示すように、トルク指令演算部732はトルク指令演算ゲインを操作する。時刻 $t \times 3$ の前までは、2センサ時と同様である。

時刻 $t \times 3$ に異常が確定されると、トルク指令演算部732は、初期値 k_0 よりも低い所定値 k_x をゲインとして、以後のトルク指令演算を行う。これにより、相対的に信頼性が低いセンサ値による演算への寄与度を制限しつつ、トルク指令演算を継続する。

【 0 0 6 5 】

特許文献1の従来技術では、トリガ信号の送信機能異常時にマイコンの演算機能が完全に喪失する。それに対し、本実施形態の通信システムは、1センサ時のタイムスタンプ異常の場合においても、受信したセンサ信号の信頼性を考慮しつつ、演算機能を継続することができる。よって、電動パワーステアリング装置90に適用される場合、トルクアシスト機能が全く失われる事態を回避することができる。

【 0 0 6 6 】

(その他の実施形態)

(ア)上記実施形態では、センサ装置と制御装置とは、信号線 L_s に加え電源供給線 L_p 及び基準電位線 L_g で接続されている。これに対し、図16に示す通信システム409のように、センサ装置509が動作電源を外部の電源59から取得し、センサ装置509とマイコン719とが信号線 L_s のみで接続されるようにしてもよい。この例では、制御装置の電源供給回路も不要であるため、実質的にマイコン719のみが制御装置を構成することとなる。センサ装置509からのセンサ信号、及び、マイコン719からの同期信号は、信号線 L_s を経由して双方向に通信される。

【 0 0 6 7 】

(イ)通信システムのデジタル通信の方式(プロトコル)は、SENT方式に限らず、他のプロトコルを採用してもよい。したがって、センサ信号は、4ビットのニブル信号に限らず、8ビットのオクテット信号等を用いてもよい。

【 0 0 6 8 】

(ウ)センサ素子は、上記実施形態で例示したホール素子以外に、他の磁気検出素子、又は、磁気以外の変化を検出する素子を用いてもよい。センサ素子が検出する物理量は、トルクに限らず、回転角、ストローク、荷重、圧力等、どのような物理量でもよい。

(エ)本発明の通信システムは、電動パワーステアリング装置に限らず、センサ装置が検出したセンサ信号に基づいてマイコンが所定の演算周期で制御演算を行うあらゆる装置に適用可能である。

【 0 0 6 9 】

以上、本発明は、上記実施形態になんら限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実施可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 0 】

401、404、405、406・・・通信システム、
501、504、505、50、60・・・センサ装置、
701、704、706・・・ECU(制御装置)、
711、714、716・・・マイコン、
76、761、762・・・電源供給回路。

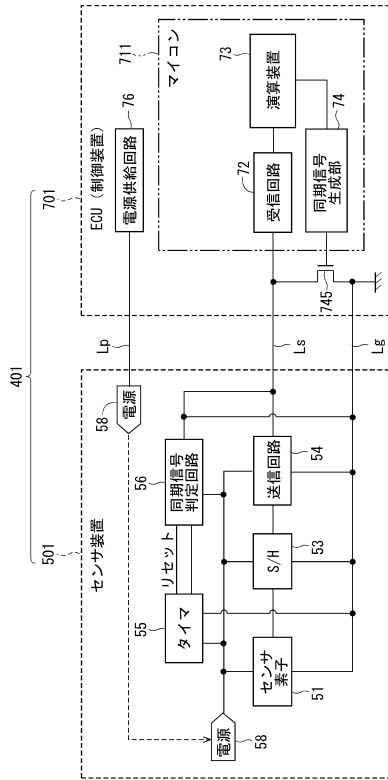
10

20

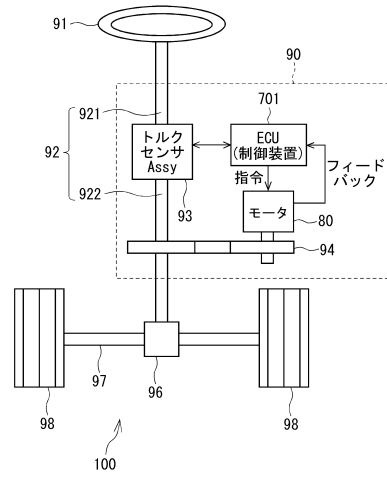
30

40

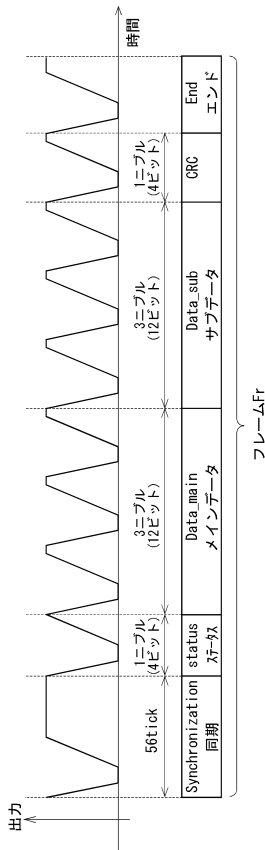
【図1】



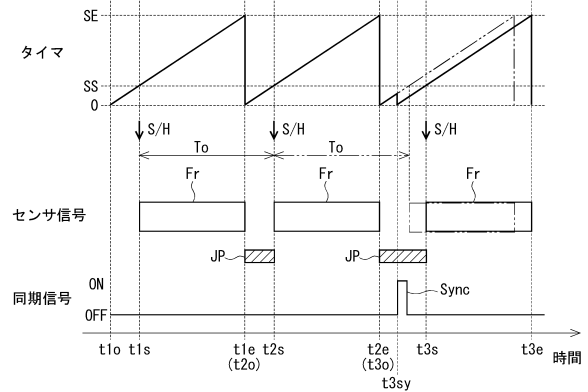
【図2】



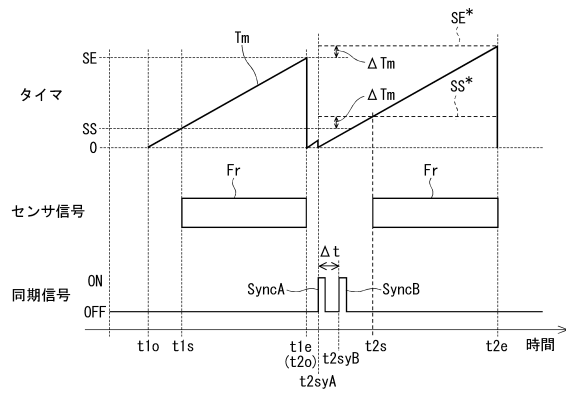
【図3】



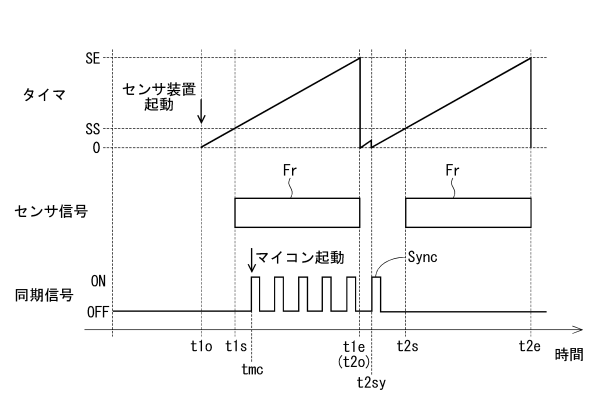
【図4】



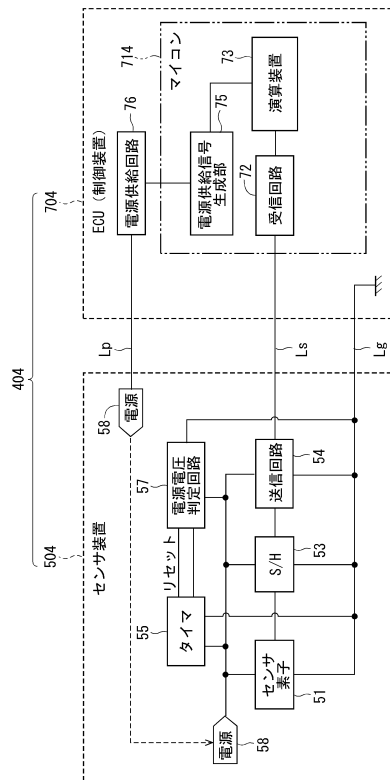
【図5】



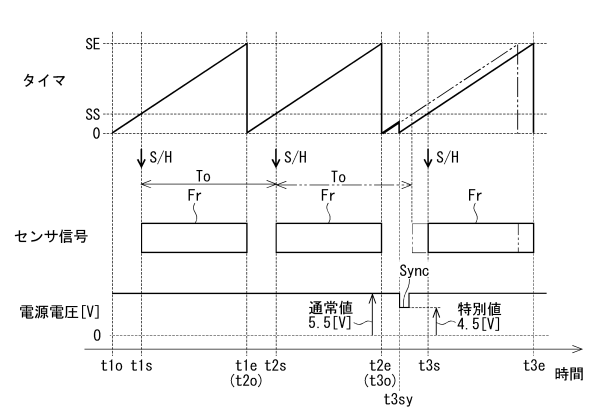
【図6】



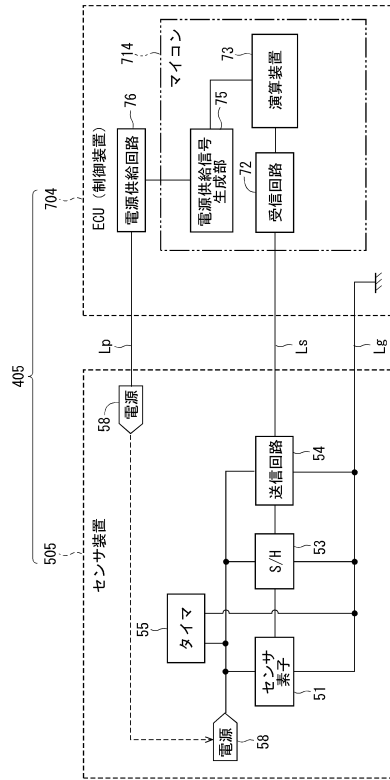
【図7】



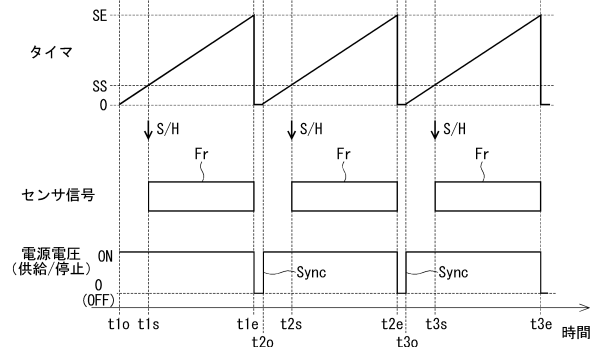
【図8】



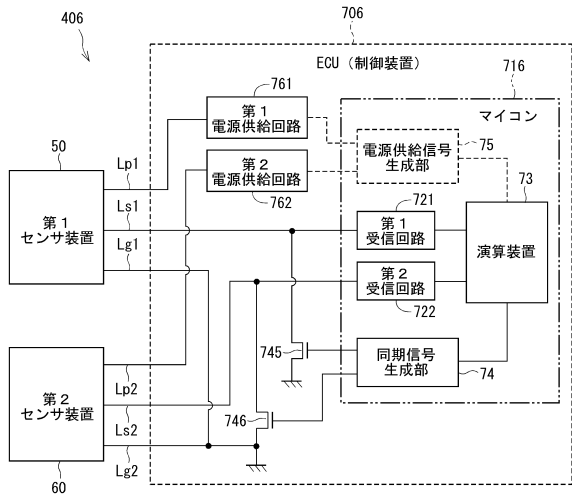
【図9】



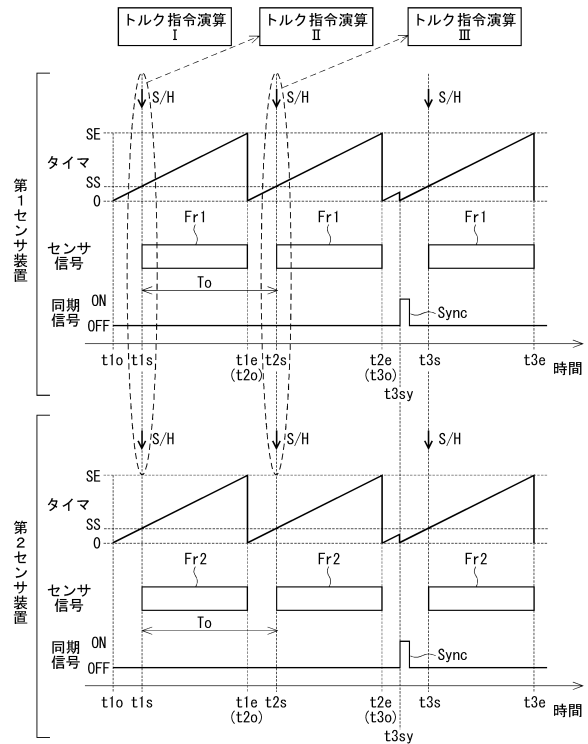
【図10】



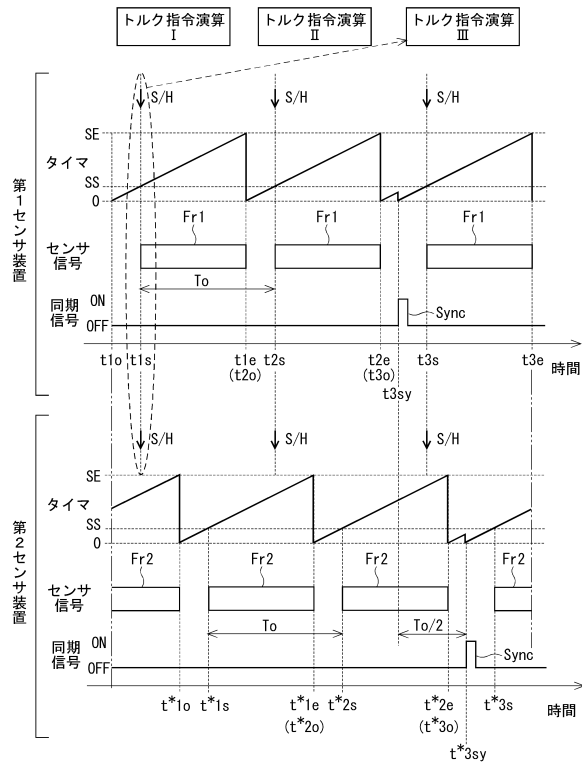
【図11】



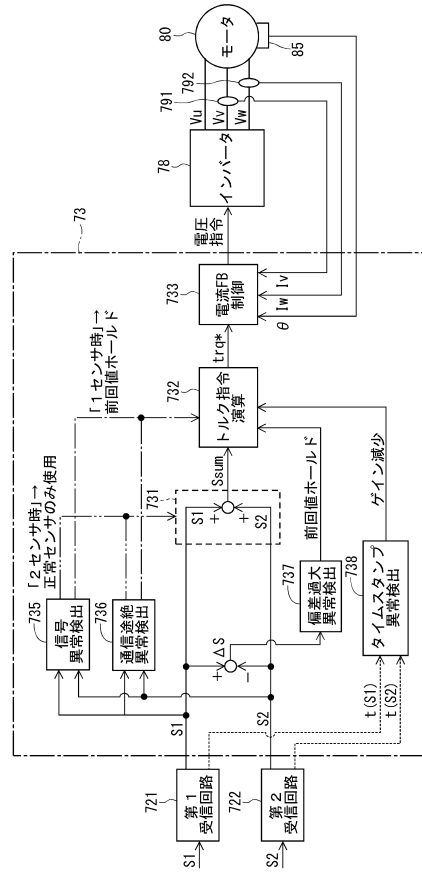
【図12】



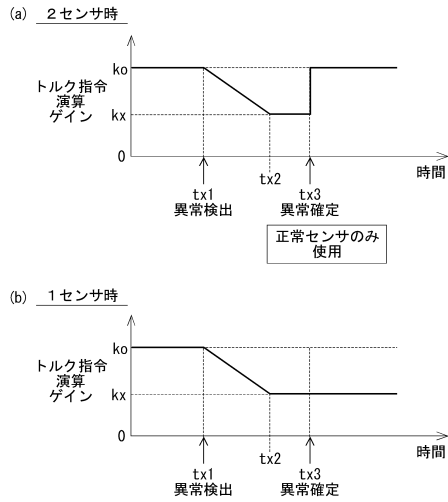
【図13】



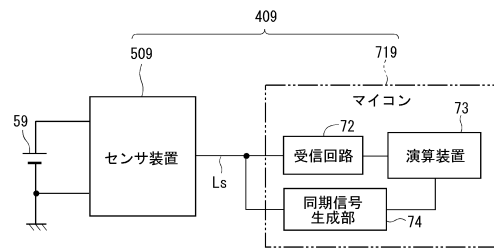
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 小澤 崇晴
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 松崎 孝大

(56)参考文献 特開2000-269989(JP,A)
特開2005-159754(JP,A)
特開2010-074211(JP,A)
特開2011-101487(JP,A)
特開2014-064138(JP,A)
特開2015-080290(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0190571(US,A1)
米国特許出願公開第2013/0343472(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 12/28
B60R 16/02
B60R 16/023