

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6689158号
(P6689158)

(45) 発行日 令和2年4月28日(2020.4.28)

(24) 登録日 令和2年4月9日(2020.4.9)

| | | | | | |
|--------------|---------------|------------------|------|--------|---------|
| (51) Int.Cl. | | F I | | | |
| H04B | 3/54 | (2006.01) | H04B | 3/54 | |
| H04Q | 9/00 | (2006.01) | H04Q | 9/00 | 3 O 1 Z |
| B60R | 16/023 | (2006.01) | B60R | 16/023 | P |

請求項の数 7 (全 18 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2016-153810 (P2016-153810) | (73) 特許権者 | 509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地 |
| (22) 出願日 | 平成28年8月4日(2016.8.4) | (74) 代理人 | 110001689 青稜特許業務法人 |
| (65) 公開番号 | 特開2018-23036 (P2018-23036A) | (72) 発明者 | 山下 寛樹 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |
| (43) 公開日 | 平成30年2月8日(2018.2.8) | (72) 発明者 | 山脇 大造 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |
| 審査請求日 | 平成31年2月19日(2019.2.19) | (72) 発明者 | 豊田 英弘 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力線通信機能を備えた電子制御システムおよびそれを用いた自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子制御装置と、1または複数のアクチュエータと、前記電子制御装置と前記アクチュエータとを接続する電力線を備え、前記電子制御装置から前記アクチュエータへ電力線を介して制御信号を伝送する電子制御システムであって、

前記電子制御装置の通信部は、電子制御装置側のアクチュエータ動作検出回路を備え、該電子制御装置側のアクチュエータ動作検出回路がアクチュエータの動作を検出した場合には、アクチュエータの動作を検出した時点の送信ビットを含む前後1または複数ビットの制御信号を、同一通信フレームの最後に付加して送信し、

前記アクチュエータの通信部は、アクチュエータ側のアクチュエータ動作検出回路を備え、該アクチュエータ側のアクチュエータ動作検出回路がアクチュエータの動作を検出した場合には、アクチュエータの動作検出時の送信データを無効とし、同一通信フレームの最後に付加して送信された再送データを選択して出力することを特徴とする電子制御システム。

【請求項2】

請求項1に記載の電子制御システムにおいて、

前記通信部は、同一フレームの最後に制御信号を付加して送信中に、再度アクチュエータの動作を検出した場合には、アクチュエータの動作が検出された時点の1通信サイクル後に、再度、再送データを送信することを特徴とする電子制御システム。

【請求項3】

10

20

請求項 1 に記載の電子制御システムにおいて、
前記通信部は、電力線の電圧を電圧変調して制御信号を送信することを特徴とする電子
制御システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の電子制御システムにおいて、
前記制御信号はアクチュエータを制御する信号であることを特徴とする電子制御システ
ム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の電子制御システムにおいて、
 前記アクチュエータはソレノイドコイルであり、前記動作はスイッチ動作であることを特
 徴とする電子制御システム。 10

【請求項 6】

請求項 1 に記載の電子制御システムにおいて、
 前記電力線には 1 または複数の通信機能を備えたセンサが接続されていることを特徴と
 する電子制御システム。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の電子制御システムを用いた自動車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】 20

本発明は、直流電源の電力線を用いた電力線通信機能を備えた電子制御装置、アクチュ
 エータおよび電子制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車では、電子制御装置（ECU: Electronic Control Unit）による車両制御の
 高精度化と高機能化に伴って、様々な車両情報（車両の周辺情報を含む）の取得と車両各
 部の制御のために数多くのセンサやアクチュエータが設けられ、これらと ECU との通信
 線の本数が著しく増加してきた。このため、車両情報センサデータや制御データの通信線
 として直流電源の電力線を用いた電力線通信装置の適用が特許文献 1 に開示されている。
 特許文献 1 は、電力線の使用に通信フェーズと給電フェーズとを設け、フェーズごとに電
 力線を通信および給電のいずれか一方に用いている。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 81340 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 261663 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 は、電力線の使用に通信フェーズと給電フェーズとを設け、通信が給電の影
 響を受けないようにしている。しかし、アクチュエータの駆動に用いられる直流電源から
 の給電をフェーズ対応に断続することが許容されないことがある。たとえば、PWM（P
 ulse Width Modulation）制御されるソレノイドコイルやモータをアクチュエータとして用
 いる場合、直流電源からの給電を断続することができない。給電を断続すると、アクチュ
 エータの所望の制御を実現できない。PWM 制御されるアクチュエータの場合、アクチュ
 エータには所望の駆動電流として PWM 制御された電流の平均電流が供給される必要があ
 るが、給電の断続によって所望の駆動電流に制御することが困難になる。 40

【0005】

一方、電力線の電流は、アクチュエータを駆動する電流の変化の影響を受けて変動する
 ので、その変動が電力線を用いた通信にエラーを発生させる。このため、従来は、特許文 50

献 2 に示されたように子局側のセンサやアクチュエータ側で検出した時に、制御局、すなわち ECU にデータの再送要求を送り、データの再送を行う方法がとられる。しかしながら、子局からの再送要求のための通信時にも、通信とは独立に PWM 制御されるためにアクチュエータを駆動する電流の変化が生じる可能性がある。このため、再送要求が正しく ECU に伝わらず、ECU からの子局へのデータ再送ができず、正しい通信が困難となる。

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明は、アクチュエータの駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、正しい通信を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するための、本発明の「電子制御システム」の一例を挙げるならば、電子制御装置と、1または複数のアクチュエータと、前記電子制御装置と前記アクチュエータとを接続する電力線を備え、前記電子制御装置から前記アクチュエータへ電力線を介して制御信号を伝送する電子制御システムであって、

前記電子制御装置の通信部は、電子制御装置側のアクチュエータ動作検出回路を備え、該電子制御装置側のアクチュエータ動作検出回路がアクチュエータの動作を検出した場合には、アクチュエータの動作を検出した時点の送信ビットを含む前後1または複数ビットの制御信号を、同一通信フレームの最後に付加して送信し、

前記アクチュエータの通信部は、アクチュエータ側のアクチュエータ動作検出回路を備え、該アクチュエータ側のアクチュエータ動作検出回路がアクチュエータの動作を検出した場合には、アクチュエータの動作検出時の送信データを無効とし、同一通信フレームの最後に付加して送信された再送データを選択して出力するものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明の電力線通信機能を有する電子制御装置および電子制御システムによれば、直流電源からの電力線への給電をフェーズ対応に断続できない状況（給電を継続）において、アクチュエータの駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化の時刻後に再送されたデータを受信することで、正しい通信を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の実施例 1 の電力線通信機能を備えた電子制御システムを示す図である。

【図 2】実施例 1 の再送動作を表す送受データフローを示す図である。

【図 3】本発明の実施例 2 の電力線通信機能を備えた電子制御システムを示す図である。

【図 4】実施例 2 の再送動作を表す送受データフローを示す図である。

【図 5】実施例 2 の再送動作時に再度アクチュエータ動作が発生した時の再送動作を表す送受データフローを示す図である。

【図 6】本発明の実施例 3 の、ソレノイドコイルを対象とした電力線通信機能を備える電子制御システムを示す図である。

【図 7】実施例 3 のソレノイドコイルを対象としたアクチュエータ動作の検出動作とデータ再送動作を表すタイミングチャートの一例である。

【図 8】ECU におけるアクチュエータ動作検出回路の構成例を示す図である。

【図 9】図 8 のアクチュエータ動作検出回路の動作を表すタイミングチャートの一例である。

【図 10】本発明の実施例 4 の、ソレノイドコイルを対象とした電力線通信機能を備える電子制御システムを示す図である。

【図 11】実施例 4 のソレノイドコイルを対象としたアクチュエータ動作の検出動作とデータ再送動作を表すタイミングチャートの一例である。

【図 12】実施例 4 のソレノイドコイルを対象としたアクチュエータ動作時の受信動作を表すタイミングチャートの一例である。

10

20

30

40

50

【図13】通信機能を備えたセンサないしアクチュエータにおけるアクチュエータ動作検出回路の構成例である。

【図14】通信機能を備えたセンサないしアクチュエータにおけるアクチュエータ動作検出回路の動作を表すタイミングチャートの一例である。

【図15】最大電圧保持回路の構成例を示す図である。

【図16】最小電圧保持回路の構成例を示す図である。

【図17】本発明の実施例5の、複数の通信機能を備えたアクチュエータとセンサを同一電力線に接続した電子制御システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施形態として、いくつかの実施例を通して、電力線通信機能を備える電子制御システムを開示する。電子制御システムは、ECUにアクチュエータの駆動電流の変化（以降の説明では、この変化をアクチュエータ動作と定義する。）の時刻を検出する手段を設け、その検出時刻に電子制御装置ECUからセンサやアクチュエータへ送信している制御データを、その時刻の後に再送する通信ブロックを有する。

【0013】

このような構成により、直流電源から電力線への給電をフェーズ対応に断続できない状況において、アクチュエータの駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化の時刻後に再送されたデータを受信することで、正しい通信を実現できる。

【0014】

なお、実施形態の説明に、ある回路が他の回路を含むような入れ子構成に伴う用語の煩雑性を少しでも避けるために、ブロックという用語を用いるが、その使用に大意はない。

【実施例1】

【0015】

図1は、本発明の実施例1の電力線通信装置を備えた電子制御システムの構成例である。電子制御システムは、電子制御装置ECU（Electronic Control Unit）1、電源（直流電源）2、電力線バス3、通信機能を備えたアクチュエータ4を有する。ECU 1とアクチュエータ4は、ECU 1の制御局通信ブロック12と通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロック41による電力線通信装置を介して通信する。制御局通信ブロック12は、通信論理ブロック121、アクチュエータ動作検出回路122、変復調ブロック123、電力線電流モニタ抵抗124を有し、各ブロックはECU 1からの通信クロックCK_ecuに基づいて動作する。通信論理ブロック121は、ECU 1とのインタフェースをとり、アクチュエータ4との通信データの符号化/復号化や通信エラー検出を行うとともに、アクチュエータ動作検出信号Act_ecuに基づきエラー訂正を行う。アクチュエータ動作検出回路122は、電力線電流モニタ抵抗124の両端電圧の変化からアクチュエータ動作を検出し、通信論理ブロック121に、信号Act_ecuとして出力する。ECU 1から通信機能を備えたアクチュエータ4に制御データDo_ecuを送信する動作では、制御データDo_ecuに通信論理ブロック121で送信先の通信機能を備えたアクチュエータ4のアドレスや通信エラー検出データなどを付加し、符号化処理し、送信データDosとして変復調ブロック123に出力する。この時、アクチュエータ動作検出信号Act_ecuが検出される場合には、通信論理ブロック121はその検出時刻の送信データを付加して、変復調ブロック123に信号Dosとして出力する。変復調ブロック123は、電圧変調回路1231と電流復調回路1232を有し、この信号Dosを入力として電圧変調回路1231が電圧信号に変換し、この電圧信号を電力線バス3の電圧に重畳させることで、通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロック41へ制御データが送信される。さらに、ECU 1が通信機能を備えたアクチュエータ4からのデータDi_ecuを受信する動作では、通信機能を備えたアクチュエータ4から送出された信号電流が重畳した電力線バス3の電流Ibusが電力線電流モニタ抵抗124に流れることで、この抵抗124の両端に信号電流に比例した電位差が生じる。この電位差を電流復調回路1232で電圧信号に変換し、通信論理ブロック121に信号Ditとして出力される。通信論理ブロック121では、この信号Ditを入力として、アクチュエータ動作検出信号Act_ecuを受けて、信号Ditから再送データを抽出し、その再生データで通信エラーを

10

20

30

40

50

訂正した後に復号化処理を行い、ECU 1 にDi_ecuとして出力する。

【 0 0 1 6 】

なお、図示を省略するが、ECU 1と通信機能を備えたアクチュエータ4との通信は、ECU 1から通信機能を備えたアクチュエータ4へのメッセージ（送信データ）に対して通信機能を備えたアクチュエータ4が応答するメッセージ応答形態の場合は、ECU 1がメッセージを送信している間は通信機能を備えたアクチュエータ4から応答がないので、その間は電流復調回路1232が動作しないようにECU 1が制御することが望ましい。

【 0 0 1 7 】

一方、通信機能を備えたアクチュエータ4は、通信ブロック41、制御・駆動ブロック42、およびアクチュエータ43を有する。通信ブロック41は、変復調ブロック411と通信論理ブロック412を有する。変復調ブロック411は、制御・駆動ブロック42からECU1に向けた送信データ(アクチュエータの状態データ)Ds_saを電流信号に変換する電流変調回路4111と、電力線バス3の電圧信号からデータDr_saを復調する電圧復調回路4112を有する。通信論理ブロック412は、制御・駆動回路ブロック42とのインタフェースをとり、制御局通信ブロック12との通信データの符号化/復号化や通信エラー検出を行うとともに、再送データの付加や受信データDr_saのエラー訂正を行う。制御・駆動ブロック42は、通信論理ブロック412の出力信号Di_saでアクチュエータ43の動作を制御・駆動するとともに、制御・駆動ブロック42やアクチュエータ43の動作状態などのデータを通信論理ブロック412に信号Do_saとして出力する。

【 0 0 1 8 】

通信機能を備えたアクチュエータ4から制御局通信ブロック12への送信動作は、通信論理ブロック412が制御・駆動ブロック42からのアクチュエータ43状態情報などの送信データDo_saに通信機能を備えたアクチュエータ4のアドレスやエラー検出符号などを含めて符号化処理し、変復調ブロック411に信号Ds_saとして出力する。変調ブロック411の電流変調回路4111が、この信号Ds_saを電流信号に変換し、電力線バス電流Ibusに重畳させることで、制御局通信ブロック12に向けて電流信号としてデータを送信する。さらに、制御局通信ブロック12から通信機能を備えたアクチュエータ4への受信動作では、制御局通信ブロック12の電圧変調回路1231で変調され電力線バス3に重畳された電圧信号を、電圧復調回路4112で電圧信号Dr_saに復調し、通信論理ブロック412に出力される。通信論理ブロック412では、この受信信号Dr_saを入力として、エラー検出符号等により通信エラーの有無を判定し、エラーがある場合には、受信信号Dr_saに含まれる再送データで訂正した後に、復号化処理を行い、制御・駆動ブロック42にDi_saとして出力する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、本実施例による電力線通信装置を備えた電子制御システムにおいて、制御局通信ブロック12から通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロックへの送信動作時に通信エラーが生じた場合のデータ再送とエラー訂正動作を表すデータフローである。この図には、通信機能を備えたアクチュエータ4と制御局通信ブロック12とによる電力線通信中にアクチュエータ43の駆動電流の変化が発生し、再送データで訂正する送受データフローを示している。制御局通信ブロック12の通信論理ブロック121は、n 番目の通信フレームのデータを出力中に、制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122でアクチュエータ動作が検出されると、次のn+1番目の通信フレームにも、n 番目の通信フレームと同じデータを変復調ブロック123に再出力する。このデータは電圧変調回路1231で電圧信号に変調され電力線バス3に送出される。

【 0 0 2 0 】

一方、通信機能を備えたアクチュエータ4では、電力線バス3に重畳された送信データで変調された電圧変化を電圧復調回路4112で受信信号Dr_saに復調し、通信論理ブロック412に出力される。通信論理ブロック412では、この信号Dr_saを復号化処理して、通信機能を備えたアクチュエータ4のアドレス信号や制御信号や通信エラー検出信号を抽出し、通信エラーを検出した場合にはn 番目の通信フレームのデータを無効とし、n+1番目のデータを受信データDi_saとして、制御・駆動ブロック42に出力する。この結果、通信エラーを

10

20

30

40

50

確認した時点で、受信データを無効にすることによって、再送された通信フレームデータを受信することになり、常にエラー訂正されることになる。

【0021】

本実施例によれば、直流電源からの電力線への給電を継続した状況において、電力線を用いた通信を実現できる。具体的には、アクチュエータ43の駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化を制御局通信ブロック12で検出し通信エラー箇所を特定できるため、そのエラー時刻前後のデータを再送することが可能となる。この結果、通信機能を備えたアクチュエータ4と制御局通信ブロック12とによる電力線通信装置における通信は、この再送データを用いて通信エラーの訂正が可能となるため、通信エラーを生じない。また、通信論理ブロック412のエラー検出機能により、誤データを無効とし再送データを受信するので、アクチュエータ側にアクチュエータ動作検出回路を設ける必要がなく、システムの構成が簡単となる。

10

【実施例2】

【0022】

図3は、本発明の実施例2の電力線通信装置を備えた電子制御システムの構成例である。本実施例でも図1の実施例と同様に、電子制御システムは、電子制御装置ECU1、電源2、電力線バス3、通信機能を備えたアクチュエータ4を有する。図3で示す本実施例は、通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロック41では、変復調ブロック411と通信論理ブロック412に加えて、アクチュエータ動作検出回路413を有し、図1の再送動作と異なる点は、再送するデータ数を抑えたことと、通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロック41にアクチュエータ動作検出回路413を有することである。

20

【0023】

次に本実施例において、アクチュエータ43が動作して通信エラーが生じた時の再送動作について説明する。図4は、ECU1からアクチュエータ4への送受信動作における通信ブロック41の再送動作とエラー訂正動作を表す送受データフローの一例を表し、この図を用いてECU側の通信制御ブロック12の再送動作と、アクチュエータ側の通信論理ブロック412のエラー訂正動作を説明する。この図は、連続して複数のアクチュエータないしはセンサにECU1のデータDo_ecuを送信している時に、n番目の通信フレーム(n番目のアクチュエータないしセンサに送信している状態)で、同一電力線に接続されたアクチュエータ4の一つが動作してアクチュエータ駆動電流Idrvが変化し(すなわち、アクチュエータの動作と定義)、電力線バス3の電流と電圧が変動し、通信エラーが発生する場合の動作を示している。

30

【0024】

なお、一つの通信フレームのデータは、1回の通信で一つのアクチュエータに送信するデータ列を表している。n番目の通信フレームで、アクチュエータ4が動作して、電力線バス3の電流が大きく変化し通信エラーが発生すると、この電流変化を制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122が検出し、その検出信号Act_ecuをECU側通信クロックCK_ecuに同期して通信論理ブロック121に出力する。通信論理ブロック121では、このアクチュエータ動作検出信号を受けて、この検出時刻前後に送信している複数ビットのデータ、たとえばこの検出時刻の送信ビットを含む前後1ビットのデータを、同一通信フレームの最後に付加して再出力し、この再出力後に、次のn+1番目の通信フレームのデータを電圧変調回路1231に信号Dosとして出力する。電圧変調回路1231は、この信号Dosを受けて電力線バス3に信号電圧を送出する。なお、通信論理ブロック121の出力時刻と電圧変調回路1231の送出時刻差を考慮して、アクチュエータ動作検出回路122の検出時刻をこの送出時刻差だけ遅らせる必要がある。

40

【0025】

一方、通信機能を備えたアクチュエータ4では、電力線バス3の電位変化を電圧復調回路4112で電圧信号Dr_saに変換して通信論理ブロック412に出力する。アクチュエータ動作検出回路413では、n番目の通信フレーム受信中に、アクチュエータ駆動電流Idrvの変化による電圧変化を検出し、通信機能を備えたアクチュエータ4の通信クロックCK_saに同期し

50

て、通信論理ブロック412にアクチュエータ動作検出信号Act_saとして出力する。車載の電力線バスの配線長は、最大でも20m程度以下で、通信サイクルも数us程度である。アクチュエータ駆動電流の変化による電流・電圧信号が電力線バスの全長を伝わる時間は、最大でも100ns程度であり、通信サイクル時間に比べて1桁程度速い。このため、制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122で検出したアクチュエータ動作検出信号Act_ecuと通信機能を備えたアクチュエータ4のアクチュエータ動作検出回路413で検出したアクチュエータ動作検出信号Act_saは、同一通信サイクル内で、すなわち通信サイクル単位で見た時に同時刻で検出できることになる。したがって、通信機能を備えたアクチュエータ4のアクチュエータ動作検出信号Act_saによって、電圧復調回路4112の復調信号Dr_saで通信エラーが生じている時刻を検出できることになる。図4の場合には、n番目の通信フレームの3ビット目で、通信エラーが生じ、このビットを含めた前後ビットの再送データが通信フレームの最後尾に付加されている。したがって、図4に示すように、通信論理ブロック412では、受信データDr_saから再送データを取り出し、その再送データを通信エラーが発生しているビットと入れ替えて訂正し、制御・駆動ブロック42に信号Di_saとして出力する。

【0026】

図5は、n番目の通信フレーム内と、その通信フレーム内で生じた通信エラー訂正するための再送データフレームと両方にアクチュエータ動作が生じた場合の通信動作を示している。このような場合に、制御局通信ブロック12の通信論理ブロック121では、n番目の通信フレームでアクチュエータ動作が検出されると、通信論理ブロック121の出力Dosにその検出時刻のビットに、その前後時刻のビットを加えた再送データをn番目の通信フレームの送信データの後に付加して電圧変調回路1231に出力する。この時、通信論理ブロック121では、この再送データの送信中に再度アクチュエータ動作が検出された場合に、アクチュエータ動作が検出された時刻の1通信サイクル後に、再度、再送データを出力する。一方、通信機能を備えたアクチュエータ4でも、2度のアクチュエータ動作を検出し、図4に示すように、再送データが付加された時刻に、2回目のアクチュエータ動作を検出すると、この時刻前後のデータを無視して、その後再度付加された再送データを用いて、受信データの訂正を行う。この結果、通信エラーが生じても、常に正しい制御データがアクチュエータ制御・駆動ブロック42に出力されることになる。

【0027】

本実施例によれば、直流電源からの電力線への給電を継続した状況において、電力線を用いた通信を実現できる。具体的には、アクチュエータ43の駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化を制御局通信ブロック12で検出し通信エラー箇所を特定できるため、そのエラー時刻前後のデータを再送することが可能となる。この結果、通信機能を備えたアクチュエータ4と制御局通信ブロック12とによる電力線通信装置における通信は、この再送データを用いて、通信エラーの訂正が可能となるため、通信エラーを生じない。また、アクチュエータの動作を検出した時点の送信ビットを含む前後数ビットの制御信号を付加して送信することにより、実施例1のように1フレームの信号を再送するものに比べて、再送データ量を減らすことができる。

【実施例3】

【0028】

図6は、実施例3の電力線通信装置を備えた電子制御システムの構成例である。ただし、電源2およびECU1の制御ブロック11の図示を省略してある。本実施例は、実施例1のアクチュエータ43にソレノイドコイルを適用した電子制御システムである。アクチュエータ制御・駆動ブロック42は、ソレノイドコイル制御回路421と、スイッチSW1とダイオードD1を有するソレノイドコイル駆動回路422を有する。ソレノイドコイル43に流れる駆動電流I_{drv}の平均電流は、スイッチSW1のオン/オフの周期に対する、スイッチSW1がオンする時間幅、つまり制御信号Spwmのパルス幅で制御される。すなわち、駆動電流I_{drv}は、制御信号SpwmによってPWM (pulse width modulation) 制御される。なお、制御パルスSpwmの周波数は、数100Hz (スイッチSW1のオン/オフの切り替え周波数) である。電力線バス3の電流

10

20

30

40

50

Ibusは、スイッチSW1がオンの時に、ソレノイドコイル駆動電流I_{drv}が流れ、オフの時には流れない。このため、電力線バス3には、ソレノイドコイル駆動電流が切り替わった時刻（スイッチSW1がオンないしオフする時刻）に、大きな電圧と電流変化、つまり電圧電流ノイズが発生することになる。実施例1で説明したように、この電圧電流ノイズは、通信サイクル単位で見た時にほとんど同時刻に制御局通信ブロック12や通信機能を備えたアクチュエータ4に伝わる。この結果、この電圧電流ノイズで、信号電圧を歪ませて通信エラーが発生することになる。

【0029】

図7は、ECU 1から通信機能を備えたアクチュエータ4に通信中に、ソレノイドコイル43の駆動電流が変化した時の制御局通信ブロック12の送信動作を表すタイミングチャートを示す。この図を用いて、本実施例の送信動作を説明する。なお、説明のため、この図では通信フレーム長を8ビットとし、n番目の通信フレームでソレノイドコイルの駆動電流が変化したことを想定した。ソレノイドコイルの駆動電流が変化しない時には、ECU 1の電力線バス電圧V_{bus} Eと通信機能を備えたアクチュエータ4の電力線バス電圧V_{bus} Aは、共に制御局通信ブロック12の通信論理ブロック121からの送信データD_{os}で電圧変調され信号電圧が電源2の電源電圧V_{bs}に重畳された電圧波形となる。しかし、前述したように、ソレノイドコイル制御信号Spwmがハイレベルに遷移すると、スイッチSWがオンし、電力線バス3からソレノイドコイル43に駆動電流I_{drv}が流れる。この瞬間、通信機能を備えたアクチュエータ4の電力線バス電圧V_{bus} Aは、電力線バス3に流れる電流が大きく変化するために、電力線バス3の寄生インダクタンス71によって大きな電圧ノイズが発生する。この時に、制御局通信ブロック12の電力線電流モニタ抵抗124には、電力線バス電流I_{bus}が流れるため、その両端には電力線バス電流I_{bus}に比例した電位差V_{bus}-V_{bus} Eが生じる。制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122は、この電位差V_{bus}-V_{bus} Eが閾値電圧V_{th} itを超えると、通信クロックCK_{ecu}に同期した信号Act_{ecu}を通信論理ブロック121に出力する。通信論理ブロック121は、このアクチュエータ動作検出信号Act_{ecu}を受けると、次のn+1番目の通信フレームにも、n番目の通信フレームと同じデータを変復調ブロック123に再出力する。このデータは電圧変調回路1231で電圧信号に変調され電力線バス3に送出される。

【0030】

図8は、制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122の構成例である。アクチュエータ動作検出回路122は、電力線バス電流I_{bus}を電圧変換する差動アンプ1221と、通信クロック信号CK_{ecu}で差動アンプ1221の出力電圧を保持する電圧保持回路1222と、この出力保持電圧からアクチュエータ動作を検出する差動アンプ1223とコンパレータ1224とフリップフロップ1225と通信クロックCK_{ecu}の極性反転出力するインバータ1226を有する。

【0031】

図9は、このアクチュエータ動作検出回路122のアクチュエータ動作検出動作を表すタイミングチャートである。この図を用いて、アクチュエータ動作検出回路122で、アクチュエータ動作の検出動作、すなわち電力線バス電流I_{bus}の変化を検出する動作を説明する。電力線バス3には、ソレノイドコイル制御信号SpwmでスイッチSW1をオンするとソレノイドコイルの駆動電流I_{drv}が流れ、オフすると電力線バス電流は流れない。このため、電力線バス3に流れる電流I_{bus}は、スイッチSW1のオンオフの遷移時にはどちらの場合にも、大きな電流変化が生じる。このアクチュエータ動作検出回路122は、この電流変化を電力線電流モニタ抵抗124両端の電位差で検出する。具体的には、電力線バス電流I_{bus}が電力線電流モニタ抵抗124に流れることで、この抵抗124の両端には、電力線バス電流I_{bus}に比例した電位差が生じる。この電位差を差動アンプ1221で増幅することで電力線バス電流I_{bus}が電圧信号V_{I_mon}に変換される。さらに、電圧保持回路1222で、この電圧信号V_{I_mon}を通信クロック信号CK_{ecu}の立ち下りエッジのタイミングで、連続する2サイクルの電位V_{now}とV_{before}の電位を保持する。差動アンプ1223は、この2つの電位V_{now}とV_{before}の差分を出力する。この差分が大きい時、前述の2サイクルの間の時刻に、電力線バス電流I_{bus}

が大きく変化し、ソレノイドコイルの駆動電流が大きく変化する。コンパレータ1224は、この差分電圧でアクチュエータ動作を検出する。具体的には、この差分が閾値電圧 V_{th_itp} よりも高い場合と V_{th_itn} よりも低い場合にハイレベルを、差分が閾値電圧 V_{th_itp} と V_{th_itn} の間にある場合にはローレベルを出力する。フリップフロップ1225は、コンパレータ1224の出力信号 S_act を、通信クロック信号 CK_ecu の立ち上りエッジのタイミングで保持して、アクチュエータ動作検出信号 Act_ecu として出力する。このアクチュエータ動作検出回路122は、図9に示すように電力線バス電流 I_{bus} が、スイッチ $SW1$ がオンし増加する場合も、スイッチ $SW1$ がオフし減少する場合にも、その変化を検出し、アクチュエータ動作検出信号 Act_ecu を出力する。

【実施例4】

10

【0032】

図10は、実施例2のアクチュエータ43にソレノイドコイルを適用した電子制御システムの実施例4の構成例である。なお、電源2およびECU1の制御ブロック11の図示を省略してある。アクチュエータ制御・駆動ブロック42は、ソレノイドコイル制御回路421とスイッチ $SW1$ とダイオード $D1$ を有するソレノイドコイル駆動回路422を有する。ソレノイドコイル43に流れる駆動電流 I_{drv} の平均電流は、スイッチ $SW1$ のオン/オフの周期に対する、スイッチ $SW1$ がオンする時間幅、つまり制御信号 $Spwm$ のパルス幅で制御される。すなわち、駆動電流 I_{drv} は、制御信号 $Spwm$ によってPWM (pulse width modulation) 制御される。なお、制御パルス $Spwm$ の周波数は、数100Hz (スイッチ $SW1$ のオン/オフの切り替え周波数) である。電力線バス3の電流 I_{bus} は、スイッチ $SW1$ がオンの時に、ソレノイドコイル駆動電流 I_{drv} が流れ、オフの時には流れない。このため、電力線バス3には、ソレノイドコイル駆動電流が切り替わった時刻 (スイッチ $SW1$ がオンしないしオフする時刻) に、大きな電圧と電流変化、つまり電圧電流ノイズが発生することになる。実施例1で説明したように、この電圧電流ノイズは、通信サイクル単位で見た時にほとんど同時刻に制御局通信ブロック12や通信機能を備えたアクチュエータ4に伝わる。この結果、この電圧電流ノイズで、信号電圧を歪ませて通信エラーが発生することになる。

20

【0033】

図11は、ECU1から通信機能を備えたアクチュエータ4に通信中に、ソレノイドコイル43の駆動電流が変化した時の制御局通信ブロック12の送信動作を表すタイミングチャートを示す。この図を用いて、本実施例の送信動作を説明する。なお、説明のため、この図では通信フレーム長を8ビットとし、 n 番目の通信フレームでソレノイドコイルの駆動電流が変化したことを想定した。ソレノイドコイルの駆動電流が変化しない時には、ECU1の電力線バス電圧 V_{bus_E} と通信機能を備えたアクチュエータ4の電力線バス電圧 V_{bus_A} は、共に制御局通信ブロック12の通信論理ブロック121からの送信データ Dos で電圧変調され信号電圧が電源2の電源電圧 V_{bs} に重畳された電圧波形となる。しかし、前述したように、ソレノイドコイル制御信号 $Spwm$ がハイレベルに遷移すると、スイッチ SW がオンし、電力線バス3からソレノイドコイル43に駆動電流 I_{drv} が流れる。この瞬間、通信機能を備えたアクチュエータ4の電力線バス電圧 V_{bus_A} は、電力線バス3に流れる電流が大きく変化するために、電力線バス3の寄生インダクタンス71によって大きな電圧ノイズが発生する。この時に、制御局通信ブロック12の電力線電流モニタ抵抗124には、電力線バス電流 I_{bus} が流れるため、その両端には電力線バス電流 I_{bus} に比例した電位差 $V_{bus}-V_{bus_E}$ が生じる。制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122は、この電位差 $V_{bus}-V_{bus_E}$ が閾値電圧 V_{th_it} を超えると、通信クロック CK_ecu に同期した信号 Act_ecu を通信論理ブロック121に出力する。通信論理ブロック121は、このアクチュエータ動作検出信号 Act_ecu を受けて、この時刻を含めた3サイクル分のデータを n 番目の通信フレームの最後に信号 Dos として再出力する。なお、この例では、再送データとして、アクチュエータ検出信号 Act_ecu が出力された時刻から前3サイクルのデータを再送データとしたが、アクチュエータ検出信号 Act_ecu の出力時刻前後3サイクル以上のデータを再送データとしてもよい。

30

40

【0034】

図12は、ECU1から通信機能を備えたアクチュエータ4に通信中に、通信機能を備え

50

たアクチュエータ4の受信動作を表すタイミングチャートを示す。通信機能を備えたアクチュエータ4では、電力線バス3の電位変化を電圧復調回路4112で電圧信号Dr_saに変換して通信論理ブロック412に出力する。アクチュエータ動作検出回路413では、n番目の通信フレーム受信中に、アクチュエータ駆動電流Idrvの変化による電圧変化を検出し、通信機能を備えたアクチュエータ4の通信クロックCK_saに同期して、アクチュエータ動作検出信号Act_saを通信論理ブロック412に出力する。実施例1でも説明したように、制御局通信ブロック12のアクチュエータ動作検出回路122で検出したアクチュエータ動作検出信号Act_ecuと通信機能を備えたアクチュエータ4のアクチュエータ動作検出回路413で検出したアクチュエータ動作検出信号Act_saは、同一通信サイクル内で、すなわち通信サイクル単位で見た時に同時刻で検出できる。したがって、通信機能を備えたアクチュエータ4のアクチュエータ動作検出信号Act_saによって、通信機能を備えたアクチュエータ4の電圧復調回路4112の復調信号Dr_saで通信エラーが生じている時刻を検出できることになる。図12の場合には、n番目の通信フレームの3ビット目で、通信エラーが生じ、このビットを含めた前後ビットの再送データが通信フレームの最後尾に付加されている。したがって、図12に示すように、通信論理ブロック412では、受信データDr_saから再送データを取り出し、その再送データを通信エラーが発生しているビットと入れ替えて訂正し、制御・駆動ブロック42に信号Di_saとして出力する。この結果、通信エラーが生じても、常に正しい制御データがアクチュエータ制御・駆動ブロックに出力されることになる。

【0035】

図13は、通信機能を備えたアクチュエータ4のアクチュエータ動作検出回路413の構成例である。アクチュエータ動作検出回路413は、電力線バス電位Vbus_Aの電位を保持する電圧保持回路4131と、電圧保持回路4131の出力電圧の最大値を保持する最大電圧保持回路4132と、電圧保持回路4131の出力電圧の最小値を保持する最小電圧保持回路4133と、最大電圧保持回路4132と最小電圧保持回路4133の出力電圧の差分をとる差動アンプ4134と、閾値電圧Vth_pwmと差動アンプ4134の出力電圧を比較するコンパレータ4135と、2つのフリップフロップ4136と4138と、通信クロック信号CK_saを反転極性にするインバータ4137を有する。

【0036】

図14に、このアクチュエータ動作検出回路413のアクチュエータ動作を検出する動作を表すタイミングチャートを示す。この図を用いて、ソレノイドコイルの駆動電流の変化を、電力線バス電位Vbus_Aの変化から検出する動作を説明する。ソレノイドコイル制御信号Spwmがハイレベルになると、スイッチSW1がオンし、ソレノイドコイルの駆動電流は電力線バス3を介して制御局通信ブロック12の電力線電流モニタ抵抗124に流れ電圧降下を生じ、電力線バス電圧はVdrだけ低下する。ソレノイドコイル制御信号Spwmがローレベルになると電力線バス3には電流が流れないため、電力線バス電圧Vbus_Aは電圧降下しない。したがって、電力線バス3にはソレノイドコイルの駆動電流による電圧変動Vdrが発生する。これに加えて、電力線バス3には、ソレノイドコイル制御信号Spwmの立ち上り遷移時と立ち下り遷移時の電力線バス電流Ibusの電流変化と電力線バス3の寄生インダクタンス71で、大きな電圧変動Vinが生じる。一方、電力線バス3の電圧には、制御局通信ブロック12からの電圧信号が重畳しており、この電圧信号による電圧変動とソレノイドコイルの駆動電流の変化による電圧変動が混在している。このため、このアクチュエータ動作検出ブロック413では、この3つの電圧変動から、ソレノイドコイルの駆動電流の変化による電圧変動を判別し、ソレノイドコイルの駆動電流の変化だけを検知する必要がある。図14を用いて、その具体的な動作を説明する。この図は、送信データDosとして“1”と“0”が交互に連続して送信されている時に、ソレノイドコイルの駆動電流Idrvが変化した場合の動作を表したタイミングチャートである。電力線バス電圧Vbus_Aは、制御局通信ブロック12からの信号電圧とソレノイドコイルの駆動電流の変化による電圧ノイズが重なった波形となっている。電圧保持回路4131は、この電力線バス電圧Vbus_Aを通信クロック信号CK_saの立ち下りエッジのタイミングで、その時刻の電力線バス電圧を保持し電圧信号Vinhdとして出力する。この電圧信号Vinhdを入力として、最大電圧保持回路4132はこの電圧

10

20

30

40

50

信号Vinhdの最大電圧を保持し、電圧信号Vmaxとして出力し、最小電圧保持回路4133はこの電圧信号Vinhdの最小電圧を保持し、電圧信号Vminとして出力する。差動アンプ4134は、この2つの回路の出力電圧の差分をとって、電圧信号Vsとして出力する。この電圧信号Vsが閾値Vth_pwm以上の時に、ソレノイドコイルの駆動電流が大きく変化した時刻となる。このため、コンパレータ4135は、この電圧信号Vsの電圧が閾値電圧Vth_pwmより高い時にハイレベルを、低い時にローレベルを電圧信号S_actとして出力し、ソレノイドコイルの駆動電流が大きく変化した時刻を検出する。この信号S_actをフリップフロップ4136で通信クロック信号CK_saと同期して、アクチュエータ動作検出信号Act_saとして通信論理ブロック412に出力する。なお、この信号Act_saがハイレベルになると、リセット信号S_resetがハイレベルになり、最大電圧保持回路4132と最小電圧保持回路4133の出力電圧が同じになり、両者の回路はリセットされる。

10

【0037】

図15は、最大電圧保持回路4132の具体的な構成例を示す。最大電圧保持回路4132は、オペアンプ41321とダイオード41322とスイッチ41323と容量素子41324とオペアンプ41325を有する。まず、リセット信号S_resetがハイレベルになると、スイッチ41323がオンして、内部ノード電圧Vhmaxは入力信号Vinhdと同じになる。出力電圧Vmaxは、常にオペアンプ41325で内部ノード電圧Vhmaxと同じになる。リセット信号S_resetがローレベルになると、スイッチ41323がオフする。常にオペアンプ41321で入力電圧Vinhdと内部ノード電圧Vhmaxと比較され、入力電圧Vinhdが内部ノード電圧Vhmaxよりも高い時に内部ノード電圧Vhmaxと入力電圧Vinhdと同じになるように容量素子41324を充電される。一方、入力電圧Vinhdが内部ノード電圧Vhmaxよりも低い時には、ダイオード41222で放電を阻止するため、内部ノード電圧Vhmaxは常に入力電圧Vinhdの最大電圧を保持することになる。

20

【0038】

図16は、最小電圧保持回路4133の具体的な構成例を示す。最小電圧保持回路4133は、オペアンプ41331とダイオード41332とスイッチ41333と容量素子41334とオペアンプ41335と電源回路41336を有する。ここで電源回路41336は、常に入力電圧vinhdの最小値よりも高い電圧に設定する。この構成例の出力には、電源回路41336をローパスフィルタで構成した例で、入力電圧Vinhdの平均電圧が出力されることになる。リセット信号S_resetがハイレベルになると、スイッチ41333がオンして、内部ノード電圧Vhminは入力信号Vinhdと同じになる。出力電圧Vmaxは、常にオペアンプ41325で内部ノード電圧Vhmaxと同じになる。リセット信号S_resetがローレベルになると、スイッチ41333がオフする。常にオペアンプ41331で入力電圧Vinhdと内部ノード電圧Vhminと比較され、入力電圧Vinhdが内部ノード電圧Vhminよりも低い時に内部ノード電圧Vhminと入力電圧Vinhdと同じになるように容量素子41334を充電される。一方、入力電圧Vinhdが内部ノード電圧Vhminよりも高い時には、ダイオード41332で放電を阻止するため、内部ノード電圧Vhminは常に入力電圧Vinhdの最小電圧を保持することになる。

30

【0039】

本実施例によれば、直流電源からの電力線への給電を継続した状況において、電力線を用いた通信を実現できる。具体的には、アクチュエータ43の駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化を制御局通信ブロック12で検出し通信エラー箇所を特定できるため、そのエラー時刻前後のデータを再送することが可能となる。この結果、通信機能を備えたアクチュエータ4と制御局通信ブロック12とによる電力線通信装置における通信は、この再送データを用いて、通信エラーの訂正が可能となるため、通信エラーを生じない。

40

【実施例5】

【0040】

図17は、実施例5の電力線通信装置を備えた電子制御システムの構成例であり、実施例1の通信機能を備えたアクチュエータ4と制御局通信ブロック12が接続された同一電力線バス3に、通信機能を備えたセンサ5が接続された構成例である。制御局通信ブロック12は、ECU1とのインタフェースをとるとともに、通信機能を備えたアクチュエータ4や通信

50

機能を備えたセンサ5との通信による送受信データの符号化や復号化及びデータ再送・エラー訂正を行う通信論理ブロック121と、電力線バス3を介して送受信データを電流・電圧信号に変復調し送受信するための変復調ブロック123を有する。通信機能を備えたアクチュエータ4は、制御局通信ブロック12との通信による送受信データの符号化や復号化及びデータ再送・エラー訂正を行う通信ブロック41と、アクチュエータ制御データでアクチュエータを駆動するとともにアクチュエータの動作状態情報を生成するアクチュエータ制御・駆動ブロック42と、アクチュエータ43を有する。通信機能を備えたセンサ5は、制御局通信ブロック12との通信による送受信データの符号化や復号化及びデータ再送・エラー訂正を行う通信ブロック51と、センサの状態制御やセンサで検出したアナログ信号をデジタル信号に変換する制御・検出ブロック52と、センサ53を有する。通信機能を備えたセンサ5を構成する通信ブロック51は、実施例1の通信機能を備えたアクチュエータ4の通信ブロック41と同一構成である。通信機能を備えたセンサ5以外の構成も、実施例1と同じ構成である。

10

【0041】

したがって、制御局通信ブロック12と通信機能を備えたセンサ5の通信を行う全てのブロックの構成が実施例1と同じことから、本実施例でも、直流電源からの電力線への給電を継続した状況において、電力線を用いた通信を実現できる。具体的には、制御局通信ブロック12と通信機能を備えたセンサ5の通信ブロック51間の通信において、アクチュエータ43の駆動電流の変化による通信エラーが発生しても、その変化を制御局通信ブロック12で検出し通信エラー箇所を特定できるため、そのエラー時刻前後のデータを再送することが可能となる。この結果、通信機能を備えたセンサ5と制御局通信ブロック12とによる電力線通信装置における通信は、この再送データを用いて、通信エラーの訂正が可能となるため、通信エラーを生じない。

20

【産業上の利用可能性】

【0042】

本発明の電力線通信機能を備えた電子制御システムは、自動車における、様々な車両情報の取得と車両各部の制御のためのセンサやアクチュエータとの通信に用いることができる。さらに、車載の電子制御システムに限らず、それ以外のセンサシステムなどに広く適用可能である。

【符号の説明】

30

【0043】

- 1：電子制御装置ECU
- 2：電源
- 3：電力線バス
- 4：通信機能を備えたアクチュエータ
- 5：通信機能を備えたセンサ
- 11：制御ブロック
- 12：制御局通信ブロック
- 121：通信論理ブロック
- 122：アクチュエータ動作検出回路
- 123：変復調ブロック
- 1231：電圧変調回路
- 1232：電流復調回路
- 124：電力線電流モニタ抵抗
- 41、51：通信ブロック
- 42：アクチュエータ制御・駆動ブロック
- 43：アクチュエータ
- 52：センサ制御・検出ブロック
- 53：センサ
- 411、511：変復調ブロック

40

50

- 412、512：通信論理ブロック
- 413、513：アクチュエータ動作検出回路
- 4111、5111：電流変調回路
- 4112、5112：電圧復調回路

【図1】

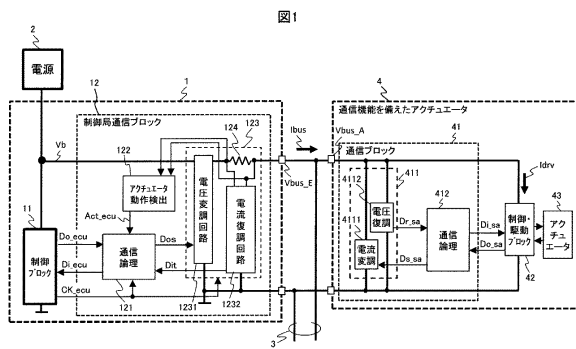


図1

【図2】

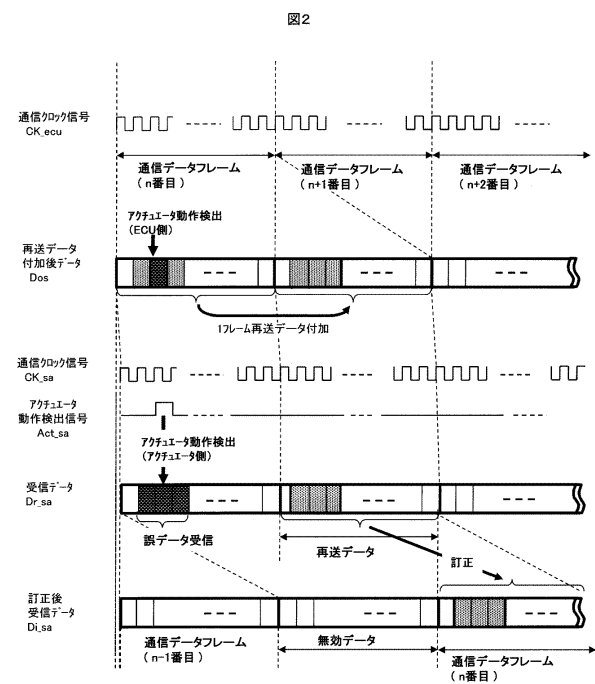
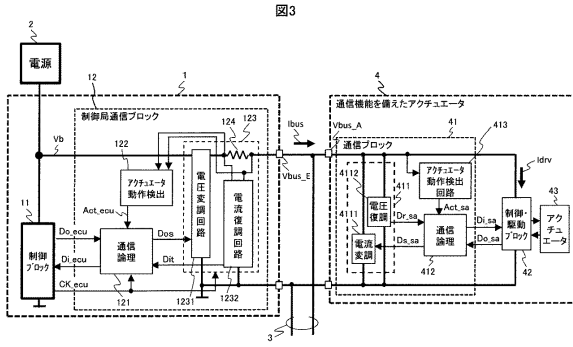
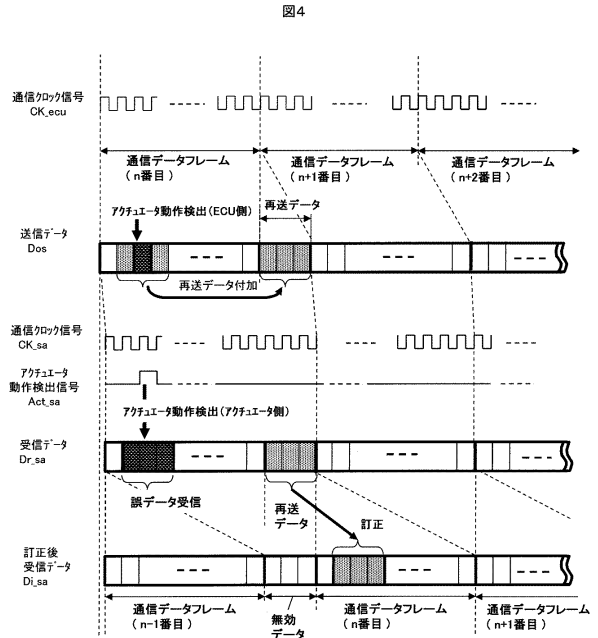


図2

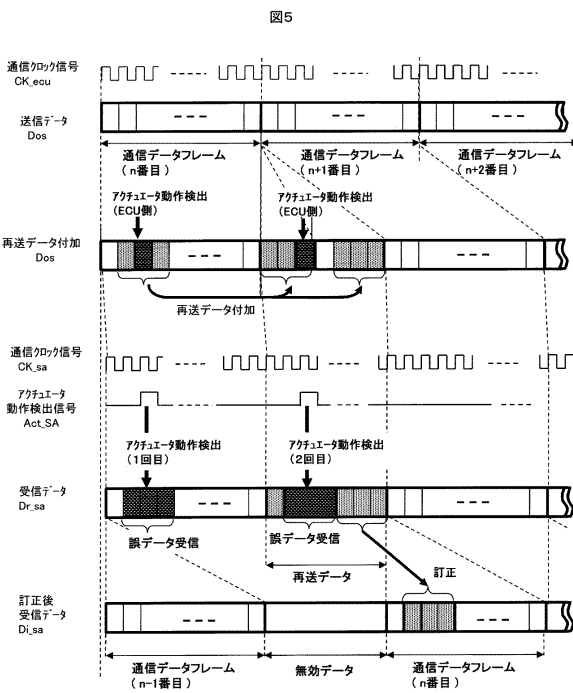
【図3】



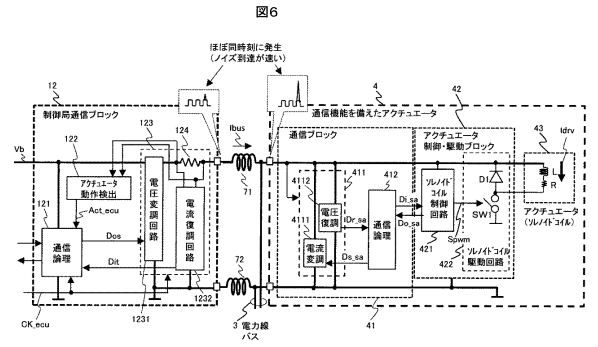
【図4】



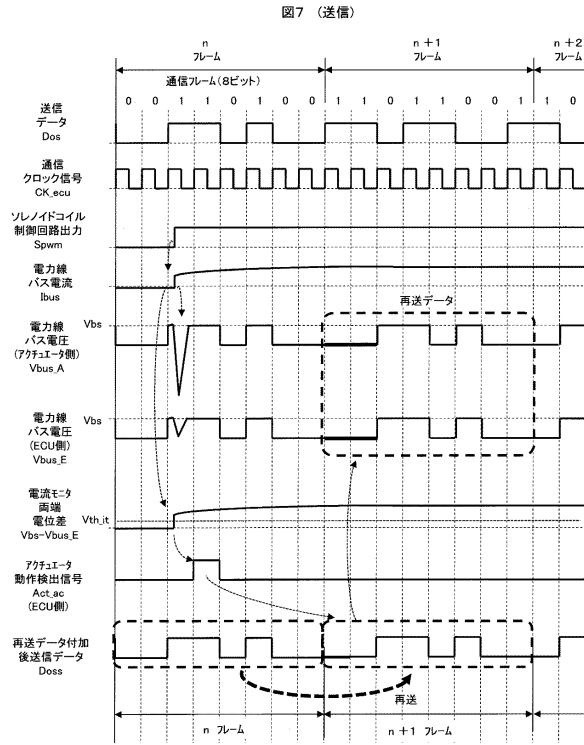
【図5】



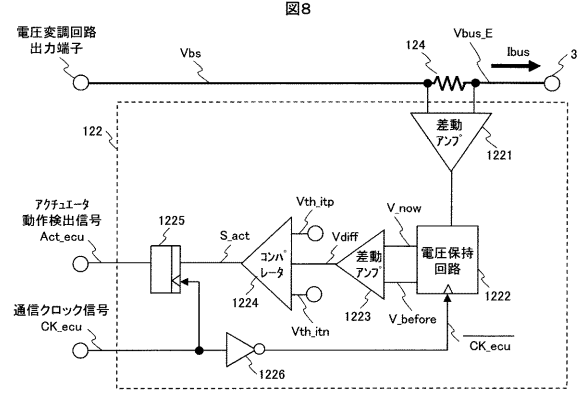
【図6】



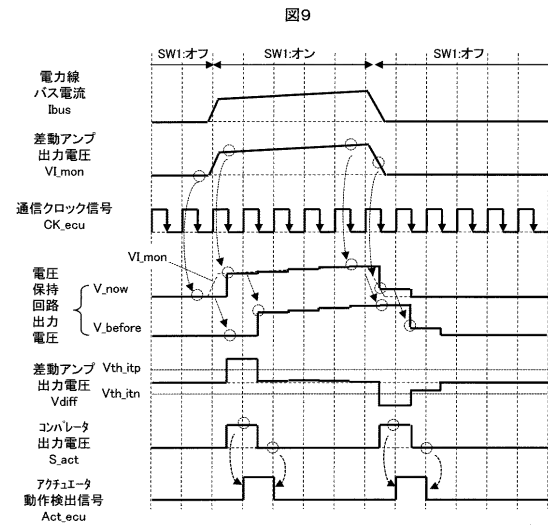
【図7】



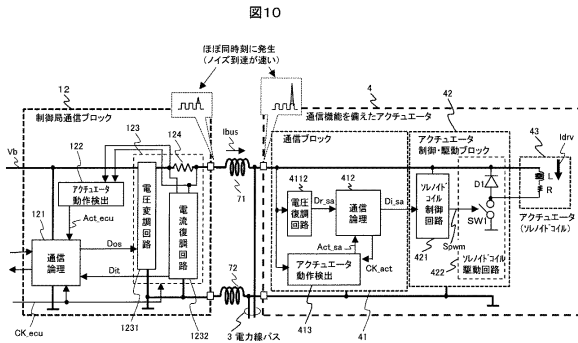
【図8】



【図9】

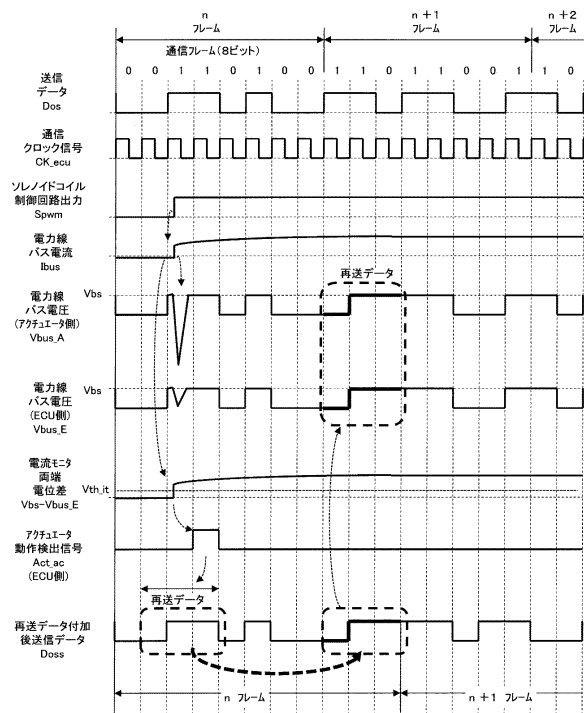


【図10】



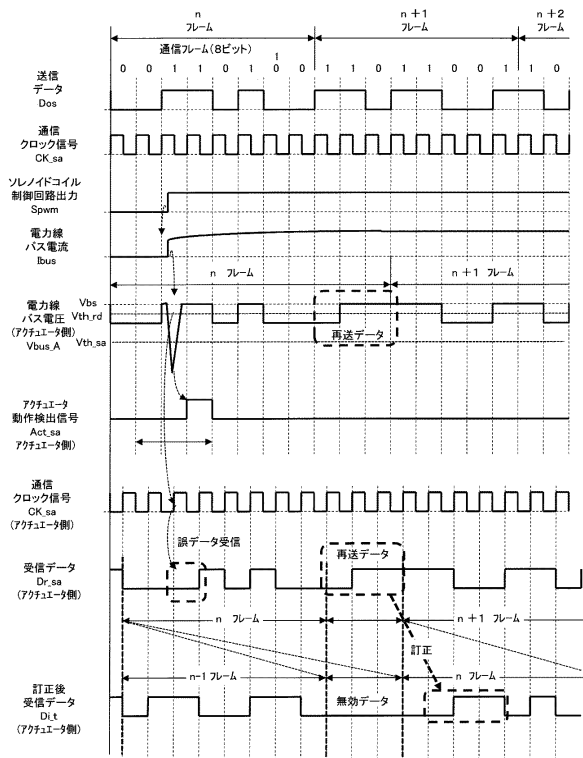
【図11】

図11 (送信)



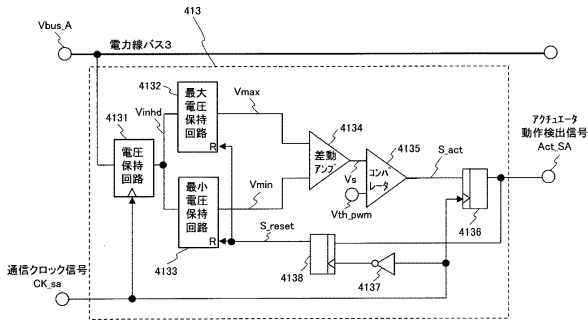
【図12】

図12 (受信)



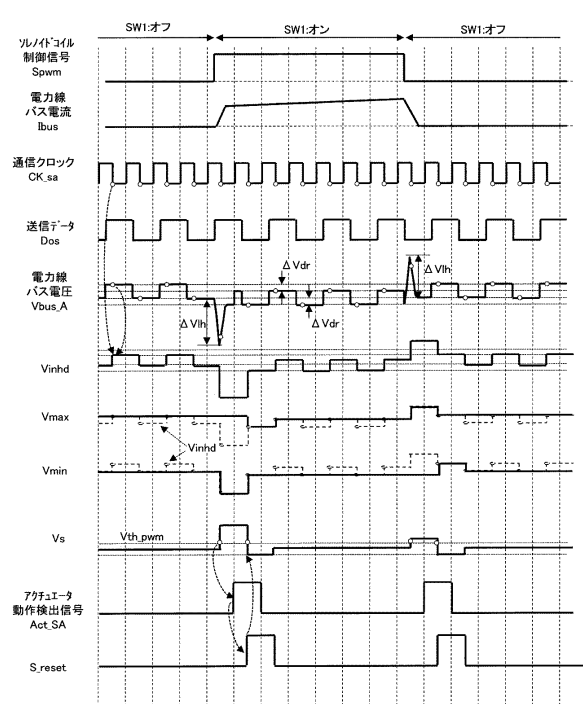
【図13】

図13



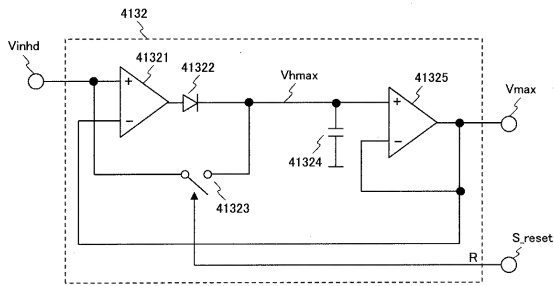
【図14】

図14



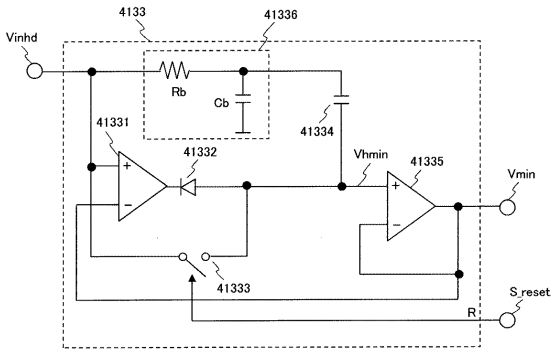
【 図 15 】

図15



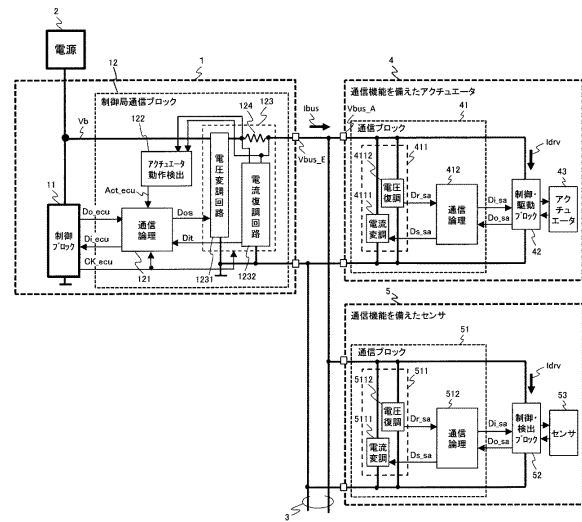
【 図 16 】

図16



【 図 17 】

図17



フロントページの続き

- (72)発明者 広津 鉄平
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 石田 良介
茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会内
- (72)発明者 栗本 裕史
茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会内
- (72)発明者 星野 堅一
茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会内

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 特開2005-277666(JP,A)
特開2012-109943(JP,A)
特開2011-135555(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 3/54
B60R 16/023
H04Q 9/00