

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7136046号
(P7136046)

(45)発行日 令和4年9月13日(2022.9.13)

(24)登録日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(51)国際特許分類
H 0 2 P 29/024 (2016.01)

F I
H 0 2 P 29/024

請求項の数 11 (全25頁)

(21)出願番号 特願2019-149071(P2019-149071)
(22)出願日 令和1年8月15日(2019.8.15)
(65)公開番号 特開2021-35074(P2021-35074A)
(43)公開日 令和3年3月1日(2021.3.1)
審査請求日 令和3年8月19日(2021.8.19)

(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(74)代理人	100093779 弁理士 服部 雅紀
(72)発明者	中村 功一 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	中島 信頼 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	池田 貴俊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御装置

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

制御対象(80)の動作を制御する動作制御部(151、251)と、
異常監視を行う異常監視部(155、255)と、
異常監視結果に応じた異常情報が記憶される記憶部(156、256)と、
を備え、
監視対象異常が検出された場合、異常発生に伴う異常時処置への移行判定に係る異常時処置確定判定と、異常解析に用いられる前記異常情報として前記監視対象異常を不揮発性メモリである前記記憶部に記憶させる異常記憶確定判定と、が異なっている制御装置。

【請求項2】

前記異常時処置確定判定のタイミングと、前記異常記憶確定判定のタイミングと、が異なっており、

前記監視対象異常が検出されてから前記異常記憶確定判定までの時間は、前記監視対象異常が検出されてから前記異常時処置確定判定までの時間よりも長い請求項1に記載の制御装置。

【請求項3】

前記動作制御部、前記異常監視部および前記記憶部を有する制御部(150、250)が複数設けられ、

前記監視対象異常は、前記制御部間の通信異常または同期異常である協調不能異常である請求項1または2に記載の制御装置。

【請求項 4】

前記制御部は、他の前記制御部が停止している場合、前記異常記憶確定判定をマスクする請求項 3 に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記協調不能異常が検出されてから前記異常記憶確定判定までの時間は、前記制御部の再起動に要する時間に応じて設定される請求項 3 または 4 に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記制御部は、

他の前記制御部による前記制御対象の制御状況を、監視対象である前記制御部間の通信とは別途に取得される他系統監視情報に基づいて監視可能であって、

前記協調不能異常が生じており、かつ、前記他系統監視情報に基づく他系統停止確定判定がなされた場合、他系統停止に係る情報を前記異常情報として前記記憶部に記憶させる請求項 3 ~ 5 のいずれか一項に記載の制御装置。

【請求項 7】

前記協調不能異常が検出されてから前記他系統停止確定判定までの時間は、前記協調不能異常が検出されてから前記異常時処置確定判定までの時間よりも長い請求項 6 に記載の制御装置。

【請求項 8】

前記協調不能異常が検出されてから前記他系統停止確定判定までの時間は、前記制御部の再起動に要する時間に応じて設定される請求項 7 に記載の制御装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記他系統停止確定判定がなされた場合、前記異常時処置とは異なるバックアップ制御に移行する請求項 6 ~ 8 のいずれか一項に記載の制御装置。

【請求項 10】

前記制御部は、自身の起動時、他系統が前記バックアップ制御に移行している場合、自系統の停止状態を維持する請求項 9 に記載の制御装置。

【請求項 11】

前記制御部は、協調不能異常が解消され、かつ、協調復帰条件が成立した場合、通常制御に復帰する請求項 4 ~ 10 のいずれか一項に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、複数の制御部にてモータの駆動を制御する回転電機制御装置が知られている。例えば特許文献 1 では、2 つの制御部が設けられており、1 つのマスター制御部にて演算される指令値をスレーブ制御部に送信することで、2 系統を協調動作させている。また、マイコン間通信異常が生じた場合、独立駆動制御に移行する。

【先行技術文献】

40

【特許文献】**【0003】**

【文献】特開 2018 - 130007 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、マイコン間通信異常等の装置の異常動作は、装置内部の異常に限らず、電源からの電力供給の異常によっても生じる場合がある。ここで、外部要因の電源瞬断等の異常が履歴として記憶されると、不要な修理や交換を行う虞がある。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、異常状態を適切に記憶可能な制御装置を提供

50

することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の制御装置は、動作制御部(151、251)と、異常監視部(155、255)と、記憶部(156、256)と、を備える。動作制御部は、制御対象(80)の動作を制御する。異常監視部は、異常監視を行う。記憶部には、異常監視結果に応じた異常情報が記憶される。監視対象異常が検出された場合、異常発生に伴う異常時処置への移行判定に係る異常時処置確定判定と、異常解析に用いられる異常情報として監視対象異常を不揮発性メモリである記憶部に記憶させる異常記憶確定判定と、が異なっている。これにより、監視対象異常を適切に記憶させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1実施形態によるステアリングシステムの概略構成図である。

【図2】第1実施形態による駆動装置の断面図である。

【図3】図2のI—I-I—I—I線断面図である。

【図4】第1実施形態によるECUを示すブロック図である。

【図5】第1実施形態による電源リレーを説明する回路図である。

【図6】第1実施形態による2系統駆動時の操舵トルクとアシストトルクとの関係を説明する説明図である。

【図7】第1実施形態による片系統駆動モードでの操舵トルクとアシストトルクとの関係を説明する説明図である。

20

【図8】第1実施形態による駆動モード選択処理を説明するフローチャートである。

【図9】第1実施形態によるダイアグ記憶処理を説明するフローチャートである。

【図10】第1実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【図11】第1実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【図12】第1実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【図13】第1実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【図14】第2実施形態による駆動モード選択処理を説明するフローチャートである。

【図15】第2実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【図16】第2実施形態による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

30

【図17】参考例による操舵トルクとアシストトルクとの関係を説明する説明図である。

【図18】参考例による通信異常時処理を説明するタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、本発明による制御装置を図面に基づいて説明する。以下、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。

【0008】

(第1実施形態)

第1実施形態を図1～図13に示す。図1に示すように、制御装置としてのECU10は、回転電機であるモータ80の駆動を制御するモータ制御装置であって、モータ80とともに、例えば車両のステアリング操作を補助するための操舵装置としての電動パワーステアリング装置8に適用される。

40

【0009】

図1は、電動パワーステアリング装置8を備えるステアリングシステム90の構成を示す。ステアリングシステム90は、操舵部材であるステアリングホイール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、および、電動パワーステアリング装置8等を備える。

【0010】

ステアリングホイール91は、ステアリングシャフト92と接続される。ステアリングシャフト92には、操舵トルクを検出するトルクセンサ94が設けられる。トルクセンサ

50

94は、第1センサ部194および第2センサ部294を有しており、各々自身の故障検出ができるセンサが二重化されている。ステアリングシャフト92の先端には、ピニオンギア96が設けられる。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対の車輪98が連結される。

【0011】

運転者がステアリングホイール91を回転させると、ステアリングホイール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によってラック軸97の直線運動に変換される。一対の車輪98は、ラック軸97の変位量に応じた角度に操舵される。

【0012】

電動パワーステアリング装置8は、モータ80、モータ80の回転を減速してステアリングシャフト92に伝える動力伝達部としての減速ギア89、および、ECU10等を備える。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置8は、所謂「コラムアシストタイプ」であり、ステアリングシャフト92が駆動対象といえる。モータ80の回転をラック軸97に伝える所謂「ラックアシストタイプ」等としてもよい。

【0013】

図1～図4に示すように、モータ80は、操舵に要するトルクの一部または全部を出力するものであって、電源としてのバッテリ101、201から電力が供給されることにより駆動され、減速ギア89を正逆回転させる。モータ80は、3相ブラシレスモータであって、ロータ860およびステータ840を有する。

【0014】

モータ80は、第1モータ巻線180および第2モータ巻線280を有する。モータ巻線180、280は電気的特性が同等であり、共通のステータ840に、互いに電気角30[deg]ずらしてキャンセル巻きされる。これに応じて、モータ巻線180、280には、位相が30[deg]ずれた相電流が通電されるように制御される。通電位相差を最適化することで、出力トルクが向上する。また、6次のトルクリップルを低減することができ、騒音、振動の低減することができる。また、電流も分散されることで発熱が分散、平準化されるため、各センサの検出値やトルク等、温度依存の系統間誤差を低減可能であるとともに、通電可能な電流量を増やすことができる。なお、モータ巻線180、280は、キャンセル巻きされていないくともよく、電気的特性が異なっていてもよい。

【0015】

以下、第1モータ巻線180の通電制御に係る第1インバータ部120および第1制御部150等の組み合わせを第1系統L1、第2モータ巻線280の通電制御に係る第2インバータ部220および第2制御部250等の組み合わせを第2系統L2とする。また、第1系統L1に係る構成を主に100番台で付番し、第2系統L2に係る構成を主に200番台で付番する。また、第1系統L1および第2系統L2において、同様または類似の構成には、下2桁が同じとなるように付番する。以下適宜、「第1」を添え字の「1」、「第2」を添え字の「2」として記載する。

【0016】

図2に示すように、駆動装置40は、モータ80の軸方向の一方側にECU10が一体的に設けられており、いわゆる「機電一体型」であるが、モータ80とECU10とは別途に設けられていてもよい。ECU10は、モータ80の出力軸とは反対側において、シャフト870の軸Axに対して同軸に配置されている。ECU10は、モータ80の出力軸側に設けられていてもよい。機電一体型とすることで、搭載スペースに制約のある車両において、ECU10とモータ80とを効率的に配置することができる。

【0017】

モータ80は、ステータ840、ロータ860、および、これらを収容するハウジング830等を備える。ステータ840は、ハウジング830に固定されており、モータ巻線180、280が巻回される。ロータ860は、ステータ840の径方向内側に設けられ、ステータ840に対して相対回転可能に設けられる。

10

20

30

40

50

【0018】

シャフト870は、ロータ860に嵌入され、ロータ860と一体に回転する。シャフト870は、軸受835、836により、ハウジング830に回転可能に支持される。シャフト870のECU10側の端部は、ハウジング830からECU10側に突出する。シャフト870のECU10側の端部には、マグネット875が設けられる。

【0019】

ハウジング830は、リアフレームエンド837を含む有底筒状のケース834、および、ケース834の開口側に設けられるフロントフレームエンド838を有する。ケース834とフロントフレームエンド838とは、ボルト等により互いに締結されている。リアフレームエンド837には、リード線挿通孔839が形成される。リード線挿通孔839には、モータ巻線180、280の各相と接続されるリード線185、285が挿通される。リード線185、285は、リード線挿通孔839からECU10側に取り出され、基板470に接続される。

10

【0020】

ECU10は、カバー460、カバー460に固定されているヒートシンク465、ヒートシンク465に固定されている基板470、および、基板470に実装される各種の電子部品等を備える。カバー460は、外部の衝撃から電子部品を保護したり、ECU10の内部への埃や水等の浸入を防止したりする。カバー460は、カバー本体461、および、コネクタ部103、203が一体に形成される。コネクタ部103、203は、カバー本体461と別体であってもよい。コネクタ部103、203の端子463は、図示しない配線等を経由して基板470と接続される。コネクタ数および端子数は、信号数等に応じて適宜変更可能である。コネクタ部103、203は、駆動装置40の軸方向の端部に設けられ、モータ80と反対側に開口する。

20

【0021】

基板470は、例えばプリント基板であり、リアフレームエンド837と対向して設けられる。基板470には、2系統分の電子部品が系統ごとに独立して実装されており、完全冗長構成をなしている。本実施形態では、1枚の基板470に電子部品が実装されているが、複数枚の基板に電子部品を実装するようにしてもよい。

【0022】

基板470の2つの主面のうち、モータ80側の面をモータ面471、モータ80と反対側の面をカバー面472とする。図3に示すように、モータ面471には、インバータ部120を構成するスイッチング素子121、インバータ部220を構成するスイッチング素子221、角度センサ126、226、カスタムIC135、235等が実装される。角度センサ126、226は、マグネット875の回転に伴う磁界の変化を検出可能のように、マグネット875と対向する箇所に実装される。

30

【0023】

カバー面472には、コンデンサ128、228、インダクタ129、229、および、制御部150、250を構成するマイコン等が実装される。図3では、制御部150、250を構成するマイコンについて、それぞれ「150」、「250」を付番した。コンデンサ128、228は、バッテリ101、201から入力された電力を平滑化する。また、コンデンサ128、228は、電荷を蓄えることで、モータ80への電力供給を補助する。コンデンサ128、228、および、インダクタ129、229は、フィルタ回路を構成し、バッテリを共用する他の装置から伝わるノイズを低減するとともに、駆動装置40からバッテリを共用する他の装置に伝わるノイズを低減する。なお、図3中には図示を省略しているが、電源リレー122、222、モータリレー125、225、および、電流センサ127、227等についても、モータ面471またはカバー面472に実装される。

40

【0024】

図4に示すように、ECU10は、インバータ部120、220、および、制御部150、250等を備える。ECU10には、コネクタ部103、203が設けられる。第1

50

コネクタ部 103 には、第 1 電源端子 105、第 1 グランド端子 106、第 1 I G 端子 107、第 1 通信端子 108、および、第 1 トルク端子 109 が設けられる。

【0025】

第 1 電源端子 105 は、図示しないヒューズを経由して第 1 バッテリ 101 に接続される。第 1 電源端子 105 を経由して第 1 バッテリ 101 の正極から供給された電力は、電源リレー 122、インバータ部 120、および、モータリレー 125 を経由して、第 1 モータ巻線 180 に供給される。第 1 グランド端子 106 は、ECU 10 の内部の第 1 系統のグランドである第 1 グランド GND 1 と、ECU 10 の外部の第 1 系統のグランドである第 1 外部グランド GB 1 とに接続される。車のシステムにおいては金属ボーダーが共通の GND プレーンとなっており、第 1 外部グランド GB 1 は GND プレーン上の接続ポイントの 1 つを示し、第 2 バッテリ 201 の負極もこの GND プレーン上の接続ポイントに接続される。10

【0026】

第 1 I G 端子 107 は、イグニッションスイッチ等である車両の始動スイッチと連動してオンオフ制御される第 1 スイッチを経由して第 1 バッテリ 101 の正極と接続される。第 1 I G 端子 107 を経由して第 1 バッテリ 101 から供給された電力は、第 1 カスタム IC 135 に供給される。第 1 カスタム IC 135 には、第 1 ドライバ回路 136、第 1 回路電源 137、図示しないマイコン監視モニタ、および、図示しない電流モニタアンプ等が含まれる。

【0027】

第 1 通信端子 108 は、第 1 車両通信回路 111 と、第 1 車両通信網 195 とに接続される。第 1 車両通信網 195 と第 1 制御部 150 とは、第 1 車両通信回路 111 を経由して、送受信が可能に接続される。また、第 1 車両通信網 195 と第 2 制御部 250 とは、情報を受信可能に接続され、第 2 制御部 250 が故障しても、第 1 制御部 150 を含む第 1 車両通信網 195 に影響がないように構成される。20

【0028】

第 1 トルク端子 109 は、トルクセンサ 94 の第 1 センサ部 194 と接続される。第 1 センサ部 194 の検出値は、第 1 トルク端子 109 および第 1 トルクセンサ入力回路 112 を経由して、第 1 制御部 150 に入力される。ここで第 1 センサ部 194 および第 1 制御部 150 は、このトルクセンサ入力回路系の故障が検出されるように構成される。30

【0029】

第 2 コネクタ部 203 には、第 2 電源端子 205、第 2 グランド端子 206、第 2 I G 端子 207、第 2 通信端子 208、および、第 2 トルク端子 209 が設けられる。第 2 電源端子 205 は、図示しないヒューズを経由して第 2 バッテリ 201 の正極に接続される。第 2 電源端子 205 を経由して第 2 バッテリ 201 から供給された電力は、電源リレー 222、インバータ部 220、および、モータリレー 225 を経由して、第 2 モータ巻線 280 に供給される。第 2 グランド端子 206 は、ECU 10 の内部の第 2 系統のグランドである第 2 グランド GND 2 と、ECU 10 の外部の第 2 系統のグランドである第 2 外部グランド GB 2 とに接続される。車のシステムにおいては金属ボーダーが共通の GND プレーンとなっており、第 2 外部グランド GB 2 は GND プレーン上の接続ポイントの 1 つを示し、さらに、第 2 バッテリ 201 の負極もこの GND プレーン上の接続ポイントに接続される。ここで、少なくとも異なった系統は、GND プレーン上の同一の接続ポイントに接続しないよう構成される。40

【0030】

第 2 I G 端子 207 は、車両の始動スイッチと連動してオンオフ制御される第 2 スイッチを経由して第 2 バッテリ 201 の正極と接続される。第 2 I G 端子 207 を経由して第 2 バッテリ 201 から供給された電力は、第 2 カスタム IC 235 に供給される。第 2 カスタム IC 235 には、第 2 ドライバ回路 236、第 2 回路電源 237、図示しないマイコン監視モニタ、および、図示しない電流モニタアンプ等が含まれる。

【0031】

第2通信端子208は、第2車両通信回路211と、第2車両通信網295とに接続される。第2車両通信網295と第2制御部250とは、第2車両通信回路211を経由して、送受信が可能に接続される。また、第2車両通信網295と第1制御部150とは情報を受信可能に接続され、第1制御部150が故障しても、第2制御部250を含む第2車両通信網295に影響がないように構成される。

【0032】

第2トルク端子209は、トルクセンサ94の第2センサ部294と接続される。第2センサ部294の検出値は、第2トルク端子209および第2トルクセンサ入力回路212を経由して、第2制御部250に入力される。ここで第2センサ部294および第2制御部250は、このトルクセンサ入力回路系の故障が検出されるように構成される。

10

【0033】

図4では、通信端子108、208は、それぞれ別途の車両通信網195、295に接続されているが、同一の車両通信網に接続されてもよい。また、図4では、車両通信網195、295として、CAN (Controller Area Network) を例示しているが、CAN-FD (CAN with Flexible Data rate) やFlexRay等、CAN以外の規格のものを用いてもよい。

【0034】

第1インバータ部120は、スイッチング素子121を有する3相インバータであって、第1モータ巻線180の電力を変換する。第2インバータ部220は、スイッチング素子221を有する3相インバータであって、第2モータ巻線280の電力を変換する。

20

【0035】

第1電源リレー122は、第1電源端子105と第1インバータ部120との間に設けられる。第1モータリレー125は、第1インバータ部120と第1モータ巻線180との間の各相に設けられる。第2電源リレー222は、第2電源端子205と第2インバータ部220との間の各相に設けられる。第2モータリレー225は、第2インバータ部220と第2モータ巻線280との間に設けられる。

【0036】

本実施形態では、スイッチング素子121、221、電源リレー122、222、および、モータリレー125、225は、いずれもMOSFETであるが、IGBT等の他の素子を用いてもよい。図5に示すように、第1電源リレー122をMOSFETのように寄生ダイオードを有する素子で構成する場合、寄生ダイオードの向きが逆向きとなるよう2つの素子123、124を直列に接続することが望ましい。第2電源リレー222も同様であるので図示を省略する。これにより、バッテリ101、201が誤って逆向きに接続された場合に、逆向きの電流が流れるのを防ぐことができる。電源リレー122、222は、メカリレーであってもよい。

30

【0037】

図4に示すように、第1スイッチング素子121、第1電源リレー122および第1モータリレー125は、第1制御部150によりオンオフ作動が制御される。第2スイッチング素子221、第2電源リレー222および第2モータリレー225は、第2制御部250によりオンオフ作動が制御される。

40

【0038】

第1角度センサ126は、モータ80の回転角を検出し、検出値を第1制御部150に出力する。第2角度センサ226は、モータ80の回転角を検出し、検出値を第2制御部250に出力する。ここで、第1角度センサ126と第1制御部150、および第2角度センサ226と第2制御部250は、各々の角度センサ入力回路系の故障が検出されるように構成される。

【0039】

第1電流センサ127は、第1モータ巻線180の各相に通電される電流を検出する。第1電流センサ127の検出値は、カスタムIC135内の増幅回路にて増幅され、第1制御部150に出力される。第2電流センサ227は、第2モータ巻線280の各相に通

50

電される電流を検出する。第2電流センサ227の検出値は、カスタムIC235内の増幅回路にて増幅され、第2制御部250に出力される。

【0040】

第1ドライバ回路136は、第1制御部150からの制御信号に基づき、第1スイッチング素子121、第1電源リレー122および第1モータリレー125を駆動する駆動信号を各素子に出力する。第2ドライバ回路236は、第2制御部250からの制御信号に基づき、第2スイッチング素子221、第2電源リレー222および第2モータリレー225を駆動する駆動信号を各素子に出力する。

【0041】

回路電源137は、電源端子105およびIG端子107に接続され、第1制御部150に電力を供給する。回路電源237は、電源端子205およびIG端子207に接続され、第2制御部250に電力を供給する。

10

【0042】

制御部150、250は、マイコン等を主体として構成され、内部にはいずれも図示しないCPU、ROM、RAM、I/O及び、これらの構成を接続するバスライン等を備えている。制御部150、250における各処理は、ROM等の実体的なメモリ装置（すなわち、読み出し可能非一時的有形記憶媒体）に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いし、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。ここで、第1制御部150および第2制御部250は、例えばロッドステップデュアルマイコン等を使用し、各々の自身の故障が検出されるように構成される。

20

【0043】

第1制御部150は、駆動制御部151、モード選択部152、異常監視部155、記憶部156、および、同期処理部157を有する。駆動制御部151は、第1スイッチング素子121のオンオフ作動を制御することで、第1モータ巻線180の通電を制御する。また、駆動制御部151は、第1電源リレー122および第1モータリレー125のオンオフ作動を制御する。

【0044】

第2制御部250は、駆動制御部251、モード選択部152、異常監視部255、記憶部256、および、同期処理部257を有する。駆動制御部251は、第2スイッチング素子221のオンオフ作動を制御することで、第2モータ巻線280の通電を制御する。また、駆動制御部251は、第2電源リレー222および第2モータリレー225のオンオフ作動を制御する。駆動制御部151、251は、例えば電流フィードバック制御によりモータ80の駆動を制御するが、モータ制御の制御手法の詳細は、電流フィードバック制御以外であってもよい。

30

【0045】

モード選択部152、252は、モータ80の駆動制御に係る駆動モードを選択する。本実施形態の駆動モードには、協調駆動モード、独立駆動モード、および、片系統駆動モードが含まれ、通常時、協調駆動モードによりモータ80の駆動を制御する。ここで、通常時とは、系統L1、L2が正常であって、2系統の協調駆動が可能である場合とし、以下適宜、通常時における協調駆動モードでの制御を「通常制御」とする。本実施形態では、マイコン間通信異常、または、系統間同期不能の場合を協調不能異常とする。協調不能異常判定について、マイコン間通信または系統間同期の一方を省略してもよい。以下、系統間同期は正常であるものとし、マイコン間通信状態に応じた処理について説明する。

40

【0046】

協調駆動モードでは、制御部150、250が共に正常であって、マイコン間通信が正常であるとき、少なくとも1つの値を系統間にて共有して、各系統を協調させてモータ80の駆動を制御する。本実施形態では、制御情報として電流指令値、電流検出値および電流制限値を共有する。本実施形態では、第1制御部150をマスター制御部、第2制御部250をスレーブ制御部とし、マスターである第1制御部150にて演算された電流指令

50

値を第2制御部250へ送信し、制御部150、250にて第1制御部150にて演算された同一の電流指令値を用いる。共有される電流指令値は、電流制限後の値であってもよいし、電流制限前の値としてもよい。本実施形態では、協調駆動モードにおいて、2系統の電流和と電流差を制御する、いわゆる「和と差の制御」にて電流制御を行う。

【0047】

独立駆動モードでは、他系統の制御情報を用いず、各系統が独立して、モータ80の駆動を制御する。片系統駆動モードでは、一方の系統を停止し、他系統の制御情報を用いず、1系統にてモータ80の駆動を制御する。ここで、3系統以上であっても、1系統にてモータ80を駆動する駆動モードを「片系統駆動モード」とする。

【0048】

各駆動モードでの出力特性を図6および図7に基づいて説明する。本実施形態では、モータ80から出力される出力トルクであるアシストトルクTaを、操舵トルクTsに応じて設定している。図6では、横軸を操舵トルクTs、縦軸をアシストトルクTaとし、協調駆動モードおよび独立駆動モードにおいて、2系統合計の出力を実線、第1系統L1の出力を破線で示す。

【0049】

図6に示すように、アシストトルクTaは、操舵トルクTsが上限到達値Ts2までの範囲において、操舵トルクTsが大きくなるにつれて大きくなり、操舵トルクTsが上限到達値Ts2以上の範囲において、出力上限値Ta_max2となる。第1系統L1と第2系統L2とで性能等が同じであれば、第1系統L1と第2系統L2とで1/2ずつモータ80の出力を担う。すなわち、1系統での出力上限値Ta_max1は、2系統での出力上限値Ta_max2の1/2となっている。また、1系統での操舵トルクTsに対するアシストトルクTaの増加割合は、2系統駆動時の1/2となっている。ここで、独立駆動モードにて1系統での駆動を行う場合、破線で示すように、アシストトルクTaは、2系統駆動時の1/2となる。なお、図6では、アシストトルクTaは、出力上限値Ta_max2までの範囲にて、操舵トルクTsの増加に伴って線形的に増加しているが、非線形で増加するようにしてもよい。

【0050】

片系統駆動モードでの出力特性を図7に示す。図7では、第2系統L2での片系統駆動時の出力を実線、通常時の2系統合計の出力を破線で示す。片系統駆動モードにおいて、操舵トルクTsが上限到達値Ts1までの範囲にて、操舵トルクTsに対するアシストトルクTaの増加割合を2倍にすることで、操舵トルクTsに対するアシストトルクTaを2系統駆動時と同じにしている。また、操舵トルクTsが上限到達値Ts1より大きい範囲において、アシストトルクTaは、操舵トルクTsによらず、片系統駆動での出力上限値Ta_max1となり、2系統駆動時よりアシストトルクTaが小さくなる。なお、定格電流等に余裕があれば、片系統駆動モードにおける出力上限値Ta_max1を2系統駆動での出力上限値Ta_max2以下との範囲にて引き上げてもよい。以下適宜、他系統異常時に片系統駆動を行、「バックアップ制御」とし、図中「B U制御」とも記載する。また、バックアップ制御において、出力特性を変更し、操舵トルクTsに対するアシストトルクTaの増加割合、および、出力上限の少なくとも一方を高めることを「出力を高める」とする。

【0051】

図4に示すように、異常監視部155は、自系統である第1系統L1の異常の監視を行う。また、自系統を停止すべき異常が生じた場合、第1制御部150は、第1インバータ部120、第1電源リレー122および第1モータリレー125の少なくとも1つをオフにする。

【0052】

また、異常監視部155は、第2制御部250との通信状態、および、第2系統L2の動作状態を監視する。第2系統L2の動作状態の監視方法として第2系統L2の異常を検出したときに自系統を停止する回路（例えば、第2インバータ部220、第2電源リレー

222、および第2モータリレー225)またはマイコン間通信に係る通信線のうち、少なくとも1つの状態を監視し、非常停止しているか否かを判断する。本実施形態では、第2ドライバ回路236から第2電源リレー222に出力される第2リレーゲート信号V_{rg}2を取得する他系統リレー監視回路139が設けられ、第2リレーゲート信号V_{rg}2に基づいて第2電源リレー222の状態を監視する。

【0053】

異常監視部255は、自系統である第2系統L2の異常の監視を行う。また、自系統を停止すべき異常が生じた場合、第2制御部250は、第2インバータ部220、第2電源リレー222および第2モータリレー225の少なくとも1つをオフにする。

【0054】

異常監視部255は、第1制御部150との通信状態、および、第1系統L1の動作状態を監視する。第1系統L1の動作状態の監視方法として第1系統L1の異常を検出した時ときに自系統を停止する回路(例えば、第1インバータ部120、第1電源リレー122、および第1モータリレー125)またはマイコン間通信に係る通信線のうち、少なくとも1つの状態を監視し、非常停止しているか否かを判断する。本実施形態では、第1ドライバ回路136から第1電源リレー122に出力される第1リレーゲート信号V_{rg}1を取得する他系統リレー監視回路239が設けられ、第1リレーゲート信号V_{rg}1に基づいて第1電源リレー122の状態を監視する。

【0055】

第2制御部250における第1系統L1の監視において、他系統リレー情報として、リレーゲート信号V_{rg}1に替えて、電源リレー122を構成する2つの素子123、124の中間電圧、制御部150から出力されるリレー駆動信号、または、電源リレー122とインバータ部120との間のリレー後電圧を用いてもよい。第1制御部150における第2系統L2の監視についても同様である。

【0056】

以下、他系統リレー監視回路から取得される情報を「他系統リレー情報」、他系統リレー情報に基づいて他系統の動作状態を監視することを「他系統リレー監視」、監視されるリレーを「他系統リレー」という。また、他系統リレーがオンされている状態を「他系統リレーHi」、オフされている状態を「他系統リレーLo」とする。

【0057】

異常監視部155、255は、マイコン間通信異常が生じてあり、かつ、他系統リレー情報が異常である場合、他系統が異常であると判定する。また、異常監視部155、255は、マイコン間通信異常が生じており、かつ、他系統リレー情報が正常である場合、他系統の制御部は正常であって、マイコン間通信異常が生じていると判定する。すなわち、本実施形態では、マイコン間通信状態および他系統リレー監視により、通信できない状態が、他系統の制御部の異常によるものなのか、マイコン間通信異常によるものなのか、を切り分けています。

【0058】

記憶部156は、不揮発性メモリであって、異常監視部155にて検出された異常に係る異常情報が記憶される。記憶部256は、不揮発性メモリであって、異常監視部255にて検出された異常に係る異常情報が記憶される。記憶部156、256に記憶される異常情報には、マイコン間通信異常に係る情報、および、他系統停止に関する情報等が含まれる。記憶部156、256に記憶された異常情報は、異常解析に用いられる。以下適宜、異常情報を「ダイアグ」とする。

【0059】

同期処理部157、257は、制御部150、250の制御タイミングを同期させる同期処理を行う。第1制御部150は、図示しないクロック生成回路を有し、生成されたクロック信号に基づき、駆動タイミングを生成する。同期処理部157は、駆動タイミングを他系統と同期させるための同期信号を生成し、第2制御部250に送信する。

【0060】

10

20

30

40

50

第2制御部250は、図示しないクロック生成回路を有し、生成されたクロック信号に基づき、駆動タイミングを生成する。同期処理部257は、第1制御部150から送信された同期信号に基づき、駆動タイミングが第1系統L1と一致するように補正する。同期信号は、制御部150、250の外部にて生成されてもよく、同期処理の詳細は、異なっていてもよい。また、同期信号の送受信に用いられる通信線は、専用の通信線を用いてもよいし、他の情報の送受信に用いられる信号線を共用してもよい。

【0061】

ところで、制御部150、250間にて通信ができない状態は、ECU10の内部故障の他に、バッテリ101、201の異常やハーネスの断線等、ECU10の外部の電源装置の異常によっても起こりうる。本実施形態では、マイコン間通信にて取得される他系統の情報を用いて協調駆動を行っているため、マイコン間通信異常時には、駆動モードを速やかに切り替えることが望ましい。一方で、駆動モードの切り替えと同時に異常情報をダイアグ記憶すると、電源瞬断のような一時的な異常であっても異常履歴が残ってしまう。

10

【0062】

また、バックアップ制御にて出力特性を変更していると、一時的な異常が生じた系統が復帰した場合に、過出力となる虞がある。図17に示すように、参考例として、第2系統L2にて既に片系統駆動を行っているところで、第1系統L1を独立駆動することによる出力が上乗せされると、操舵トルクT_sが上限到達値T_{s2}までの範囲にて、通常時より過出力となる。なお、図17では、協調駆動モードでの2系統での出力を破線、片系統駆動モードでの第2系統L2の出力を二点鎖線、独立駆動モードでの第1系統L1の出力を一点鎖線、片系統駆動モードでの第1系統L1の出力に第2系統L2の出力を加えた2系統での出力を実線で示した。

20

【0063】

そこで本実施形態では、マイコン間通信異常が発生したとき、1段目の異常確定にて駆動モードを変更し、2段目の異常確定にてダイアグ記憶を行うものとし、1段目の異常確定時間と、2段目の異常確定時間とを異ならせている。詳細には、1段目の異常確定時間（例えば数[m s]）よりも2段目の異常確定時間（例えば3[s]）を長くしている。1段目の異常確定時間は可及的短い方が好ましく、2段目の異常確定時間は、他系統のマイコンリセットによる再起動に要する時間に応じた設定される。詳細には、電源瞬断として許容される時間の分、再起動に要する時間より長い時間に設定される。また、他系統が既にバックアップ制御に移行している場合、自系統をアシスト停止とすることで、過出力を防ぐ。また本実施形態では、他系統停止確定判定までの時間は、2段目の異常確定時間と等しいものとする。

30

【0064】

本実施形態の駆動モード選択処理を図8のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、制御部150、250にて所定の周期で実行される。以下、ステップS101の「ステップ」を省略し、単に記号「S」と記す。他のステップも同様である。

【0065】

S101では、制御部150、250は、マイコン間通信が異常か否か判断する。マイコン間通信が異常であると判断された場合(S101: YES)、S107へ移行する。マイコン間通信が正常であると判断された場合(S101: NO)、S102へ移行する。なお、マイコン間通信が正常判定された場合であって、後述のカウンタCt1、Ct2、Ct3がカウントされている場合はリセットする。

40

【0066】

S102では、制御部150、250は、協調駆動中か否か判断する。協調駆動中であると判断された場合(S102: YES)、S103へ移行し、協調駆動を継続する。協調駆動中でないと判断された場合(S102: NO)、S104へ移行する。

【0067】

S104では、制御部150、250は、他系統がバックアップ制御に移行しているか否か判断する。他系統がバックアップ制御に移行していると判断された場合(S104:

50

Y E S)、S 1 0 5 へ移行し、駆動モードをアシスト停止とする。他系統がバックアップ制御に移行していないと判断された場合 (S 1 0 4 : N O)、S 1 0 6 へ移行し、自系統の駆動モードを独立駆動モードとする。

【 0 0 6 8 】

マイコン間通信が異常であると判断された場合 (S 1 0 1 : Y E S) に移行する S 1 0 7 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、1 段目の通信異常が確定しているか否か判断する。1 段目の通信異常が確定していると判断された場合 (S 1 0 7 : Y E S) 、 S 1 1 1 へ移行する。1 段目の通信異常が確定していないと判断された場合 (S 1 0 7 : N O) 、 S 1 0 8 へ移行し、1 段目通信異常カウンタ C t 1 をインクリメントする。

【 0 0 6 9 】

S 1 0 9 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、1 段目通信異常カウンタ C t 1 が 1 段目確定判定値 T H 1 より大きいか否かを判断する。1 段目確定判定値 T H 1 は、1 段目の異常確定時間に応じて設定される。1 段目通信異常カウンタ C t 1 が 1 段目確定判定値 T H 1 以下であると判断された場合 (S 1 0 9 : N O) 、 S 1 1 0 の処理を行わず、本ルーチンを終了する。1 段目異常確定カウンタ C t 1 が 1 段目確定判定値 T H 1 より大きいと判断された場合 (S 1 0 9 : Y E S) 、 S 1 1 0 へ移行し、1 段目通信異常を確定し、駆動モードを独立駆動とする。なお、例えば 1 段目確定判定値 T H 1 を 0 とし、マイコン間通信異常が検出された直後から独立駆動モードに移行するようにしてもよい。

【 0 0 7 0 】

1 段目の通信異常が確定していると判断された場合 (S 1 0 7 : Y E S) に移行する S 1 1 1 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、他系統リレーが L o か否か判断する。他系統リレーが H i であると判断された場合 (S 1 1 1 : N O) 、 S 1 1 3 以降の処理を行わず、本ルーチンを終了する。また、他系統監視カウンタ C t 3 がカウントされている場合はリセットする。他系統リレーが L o であると判断された場合 (S 1 1 1 : Y E S) 、 S 1 1 2 へ移行し、他系統監視カウンタ C t 3 をインクリメントする。

【 0 0 7 1 】

S 1 1 3 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、他系統監視カウンタ C t 3 が他系統異常確定判定値 T H 3 より大きいか否か判断する。他系統異常確定判定値 T H 3 は、独立駆動からバックアップ制御に移行させる時間に応じて設定される。他系統監視カウンタ C t 3 が他系統異常確定判定値 T H 3 以下であると判断された場合 (S 1 1 3 : N O) 、 S 1 1 4 の処理を行わず、本ルーチンを終了する。他系統監視カウンタ C t 3 が他系統異常確定判定値 T H 3 より大きいと判断された場合 (S 1 1 3 : Y E S) 、 S 1 1 4 へ移行し、バックアップ制御に移行する。また、他系統停止をダイアグとして記憶部 1 5 6 、 2 5 6 に記憶させる。

【 0 0 7 2 】

本実施形態のダイアグ記憶処理を図 9 のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、制御部 1 5 0 、 2 5 0 にて所定の周期で実行される。S 1 5 1 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、マイコン間通信が異常か否か判断する。マイコン間通信が正常であると判断された場合 (S 1 5 1 : N O) 、 S 1 5 2 以降の処理を行わない。なお、後述の 2 段目異常確定カウンタ C t 2 がカウントされている場合はリセットする。マイコン間通信が異常であると判断された場合 (S 1 5 1 : Y E S) 、 S 1 5 2 へ移行する。

【 0 0 7 3 】

S 1 5 2 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、1 段目の通信異常が確定しているか否か判断する。1 段目の通信異常が確定していないと判断された場合 (S 1 5 2 : N O) 、 S 1 5 2 以降の処理を行わず、本ルーチンを終了する。1 段目の通信異常が確定していると判断された場合 (S 1 5 2 : Y E S) 、 S 1 5 3 へ移行する。

【 0 0 7 4 】

S 1 5 3 では、制御部 1 5 0 、 2 5 0 は、自系統がバックアップ制御中か否か判断する。自系統がバックアップ制御中であると判断された場合 (S 1 5 3 : Y E S) 、 S 1 5 4 以降の処理を行わず、本ルーチンを終了する。自系統がバックアップ制御中ではないと判

10

20

30

40

50

断された場合 (S 153 : N O) 、 S 154 へ移行する。

【 0 0 7 5 】

S 154 では、制御部 150、250 は、パワーラッチ中か否か判断する。制御部 150、250 は、始動スイッチがオフされた後も、オン状態を継続して終了処理等を行い、終了処理完了後にオフする。本実施形態では、始動スイッチオフ後であって、制御部 150、250 がオンされている状態を「パワーラッチ中」とする。パワーラッチ中であると判断された場合 (S 154 : Y E S) 、 S 155 以降の処理を行わず、本ルーチンを終了する。パワーラッチ中でないと判断された場合 (S 154 : N O) 、 S 155 へ移行する。

【 0 0 7 6 】

S 155 では、制御部 150、250 は、他系統リレーが L o か否か判断する。他系統リレーが L o であると判断された場合 (S 155 : Y E S) 、 S 156 以降の処理を行わず、本ルーチンを終了する。他系統リレーが H i であると判断された場合 (S 155 : N O) 、 S 156 へ移行する。

10

【 0 0 7 7 】

S 156 では、制御部 150、250 は、2 段目通信異常カウンタ C t 2 をインクリメントする。S 157 では、2 段目通信異常カウンタ C t 2 が 2 段目確定判定閾値 T H 2 より大きいか否か判断する。本実施形態では、2 段目確定判定値 T H 2 は、2 段目の異常確定時間に応じて設定され、他系統異常確定判定値 T H 3 と同じ値とする。2 段目通信異常カウンタ C t 2 が 2 段目確定判定値 T H 2 以下であると判断された場合 (S 157 : N O) 、 S 158 の処理を行わず、本ルーチンを終了する。2 段目通信異常カウンタ C t 2 が 2 段目確定判定値 T H 2 より大きいと判断された場合 (S 157 : Y E S) 、 S 158 へ移行して 2 段目通信異常を確定し、マイコン間通信異常をダイアグとして記憶部 156、256 に記憶する。

20

【 0 0 7 8 】

図 9 では、S 153 ~ S 155 がダイアグ記憶マスク条件判定に対応しており、S 153 にて肯定判断された場合、既に他系統停止が確定しているので、マイコン間通信異常に係るダイアグ記憶マスク条件が成立していると判定される。S 155 にて肯定判断された場合、他系統リレーが L o であり、マイコン間通信ではなく他系統停止による通信不能とみなし、マイコン間通信異常に係るダイアグ記憶マスク条件が成立していると判定される。また、S 154 にて肯定判断された場合、パワーラッチ中であって、正常に I G オフされているので、マイコン間通信異常に係るダイアグ記憶マスク条件が成立していると判定される。S 153 ~ S 155 にて否定判断された場合、ダイアグ記憶マスク条件が非成立と判定される。S 153 ~ S 155 は、順番を入れ替えてよいし、一部の処理を省略してもよい。

30

【 0 0 7 9 】

通信異常時処理を図 10 ~ 図 13 のタイムチャートに基づいて説明する。図 10 では、上段から、第 1 制御部 150 への給電状態 (図中「 I G - 1 」と記載) 、第 2 制御部 250 への給電状態 (図中「 I G - 2 」と記載) 、第 1 系統 L 1 の駆動モード、第 2 系統 L 2 の駆動モード、1 段目通信異常カウンタ C t 1 、2 段目通信異常カウンタ C t 2 、他系統監視カウンタ C t 3 とする。以下、第 1 系統 L 1 に異常が生じた場合を例に説明し、カウンタ C t 1 、 C t 2 、 C t 3 は、第 2 制御部 250 内の値とする。また、制御部 150 、 250 に電力が供給されている状態を「電源オン」、給電が途絶えている状態を「電源オフ」とする。図 11 ~ 14 および図 18 も概ね同様である。

40

【 0 0 8 0 】

本実施形態の説明に先立ち、参考例を図 17 および図 18 に基づいて説明する。参考例では 1 つのカウンタにより、異常時処置およびダイアグ記憶を同時に実行している。図 18 に示すように、時刻 × 90 において、第 1 系統 L 1 にて給電が途絶える異常が生じた場合、第 1 制御部 150 のマイコンが停止する。このとき、第 2 制御部 250 では、マイコン間通信異常を検出し、異常カウンタのカウントを開始する。

【 0 0 8 1 】

50

時刻 $\times 9$ 1 にて、異常カウンタのカウント値が確定閾値 TH a になると、第 2 制御部 250 では、相手系統である第 1 系統 L 1 が停止したと判定し、相手系統停止の異常情報をダイアグとして記憶するとともに、通常制御からバックアップ制御に移行する。

【0082】

ここで、時刻 $\times 9$ 0 にて生じた異常が電源瞬断の場合、第 1 系統 L 1 への給電が再開されると、時刻 $\times 9$ 2 にて第 1 制御部 150 のマイコンが再起動される。ここで、時刻 $\times 9$ 2 において、第 2 系統 L 2 側がすでにバックアップ制御に移行して出力を高めている場合、再起動後の第 1 制御部 150 にて、協調駆動モードまたは独立駆動モードにてモータ 80 を駆動すると、過出力になる虞がある。また、一時的な電源瞬断であったにも関わらず、相手系統停止のダイアグが記憶されるため、第 1 制御部 150 の修理や交換等の不要な処置が行われる虞がある。

10

【0083】

そこで本実施形態では、駆動モードの変更に係る異常確定と、ダイアグ記憶に係る異常確定とを分け、異なる確定時間を設定する 2 段確定としている。また、独立駆動モードからバックアップ制御への移行については、他系統監視の情報に基づいており、計 3 つのカウンタを用いて、駆動モードの切り替え、および、ダイアグ記憶を行っている。

【0084】

図 10 に示すように、時刻 $\times 1$ 0 にて第 1 系統 L 1 の電源瞬断が生じると、第 1 制御部 150 のマイコンが停止する。第 2 制御部 250 では、マイコン間通信異常を検出し、1 段目通信異常カウンタ C_t 1 のカウントを開始する。時刻 $\times 1$ 1 にて、1 段目通信異常カウンタ C_t 1 が 1 段目確定判定値 TH 1 を超えると、第 2 制御部 250 は、駆動モードを独立駆動モードに切り替える。独立駆動モードでは、出力特性の変更を行わないので、第 1 系統 L 1 が停止している場合、出力は通常時の 1 / 2 となる。また、第 1 制御部 150 のマイコン再起動中は、他系統リレーが L₀ となるので、他系統監視カウンタ C_t 3 のカウントが開始される。このとき、他系統リレーが L₀ であって、ダイアグ記憶マスク条件が成立しているので、2 段目通信異常カウンタ C_t 2 は、カウントされない。

20

【0085】

時刻 $\times 1$ 2 にて、第 1 制御部 150 のマイコン再起動が完了すると、他系統リレーが H_i となるので、他系統監視カウンタ C_t 3 がリセットされる。また、第 1 制御部 150 は、第 2 系統 L 2 が独立駆動モードである旨の情報をマイコン間通信にて取得すると、独立駆動モードにてモータ 80 の駆動制御を行う。これにより、電源瞬断等による第 1 制御部 150 の一時的な停止および再起動を、第 1 制御部 150 の異常であるという誤ったダイアグが第 2 制御部 250 の記憶部 256 に残るのを防ぐことができる。また、第 1 制御部 150 の再起動後は、独立駆動モードにて、2 系統でのモータ 80 の駆動制御を行うので、出力低下、および、過出力を防ぐことができる。

30

【0086】

図 11 は、時刻 $\times 2$ 0 にて第 1 系統 L 1 の電源がオフとなり、オフ状態が継続される場合の例である。時刻 $\times 2$ 0 および時刻 $\times 2$ 1 の処理は、図 10 中の時刻 $\times 1$ 0 および時刻 $\times 1$ 1 の処理と同様である。第 1 系統 L 1 の電源オフ状態が継続されると、他系統リレーの L₀ が継続される。時刻 $\times 2$ 2 において、他系統監視カウンタ C_t 3 が他系統異常確定判定値 TH 3 を超えると、第 2 制御部 250 は、他系統停止をダイアグとして記憶部 256 に記憶する。また、駆動モードを独立駆動モードから片系統駆動モードに切り替え、バックアップ制御に移行し、出力特性を変更する。

40

【0087】

図 12 は、時刻 $\times 3$ 0 にてマイコン間通信異常が生じた場合の例である。この例では、系統 L 1、L 2 とも、電源はオンであって、カウンタ C_t 1、C_t 2、C_t 3 は、制御部 150、250 で同様の値となる。時刻 $\times 3$ 0 にてマイコン間通信異常が生じると、1 段目通信異常カウンタ C_t 1 のカウントが開始される。時刻 $\times 3$ 1 にて、1 段目通信異常カウンタ C_t 1 が 1 段目確定判定値 TH 1 を超えると、系統 L 1、L 2 ともに独立駆動モードに移行する。

50

【 0 0 8 8 】

この例では、マイコン間通信以外は正常であるので、他系統監視カウンタ C t 3 はカウントされない。また、ダイアグ記憶マスク条件が不成立であるので、2段目通信異常カウンタ C t 2 のカウントが開始される。時刻 x 3 2 にて2段目通信異常カウンタ C t 2 が2段目確定判定値 T H 2 を超えると、制御部 150、250 は、それぞれ自身の記憶部 156、256 にマイコン間通信異常をダイアグとして記憶する。例えば、記憶部 156、256 に記憶された情報が故障解析等に用いられることを鑑みれば、ダイアグ記憶タイミングが駆動モードの切り替えより遅れたとしても実害はない。

【 0 0 8 9 】

図 13 は、バックアップ制御移行後に、第 1 系統 L 1 の給電が復帰した場合の例である。ここでは、第 1 制御部 150 の再起動に要する時間の記載は省略している。後述の図 16 も同様とする。時刻 x 4 0 ~ 時刻 x 4 2 の処理は、図 11 中の時刻 x 2 0 ~ 時刻 x 2 2 の処理と同様である。時刻 x 4 3 にて第 1 系統 L 1 への給電が正常復帰し、第 1 制御部 150 が起動する。このとき、第 1 制御部 150 は、第 2 系統 L 2 がバックアップ制御に移行済みである旨の情報をマイコン間通信にて取得すると、過剰アシストにならないよう、第 1 系統 L 1 によるモータ 80 の駆動制御を行わず、アシスト停止状態とする。なお、第 1 制御部 150 のマイコンは動作しているので、例えば異常監視等のモータ 80 の駆動制御以外の処理を行ってもよい。また、この場合、比較的長時間の他系統停止が生じており、他系統停止がダイアグとして残る。

10

【 0 0 9 0 】

以上説明したように、本実施形態の ECU 10 の制御部 150、250 は、駆動制御部 151、251 と、異常監視部 155、255 と、記憶部 156、256 と、を備える。駆動制御部 151、251 は、制御対象であるモータ 80 の動作を制御する。異常監視部 155、255 は、異常監視を行う。記憶部 156、256 には、異常監視結果に応じた異常情報が記憶される。本実施形態では、監視対象異常が検出された場合、異常発生に伴う異常時処置への移行判定に係る異常時処置確定判定と、異常情報として監視対象異常を記憶させる異常記憶確定判定と、が異なっている。これにより、監視対象異常を適切に記憶させることができる。

20

【 0 0 9 1 】

具体的には、異常時処置確定判定に係るタイマと異常記憶確定判定に係るタイマとが別途に設けられており、異常時確定判定のタイミングと、異常記憶確定のタイミングとが異なっており、監視対象異常が検出されてから異常記憶確定判定までの時間は、監視対象異常が検出されてから異常時処置確定判定までの時間よりも長い。これにより、誤った異常履歴が記憶される確率を下げることができる。

30

【 0 0 9 2 】

ECU 10 には、駆動制御部 151、251、異常監視部 155、255 および記憶部 156、256 を有する制御部 150、250 が複数設けられる。本実施形態の監視対象異常は、制御部 150、250 間の通信異常または同期異常である協調不能異常である。また、協調不能異常が検出されてから異常記憶確定判定までの時間は、制御部 150、250 の再起動に要する時間に応じて設定される。これにより、例えば電源瞬断等の外部要因による一時的な異常が記憶されないので、誤った異常履歴が記憶される確率を下げることができる。

40

【 0 0 9 3 】

制御部 150、250 は、他の制御部が停止している場合、異常記憶確定判定をマスクする。具体的には、他の制御部が停止している場合、2段目の異常確定時間の計時を行わず、協調不能異常に係る異常情報の記憶を行わない。これにより、他系統停止や正常な I G オフにより協調不能となっている状態を、協調不能異常として誤って記憶されるのを避けることができる。

【 0 0 9 4 】

制御部 150、250 は、他の制御部によりモータ 80 の制御状況を、監視対象である

50

制御部 150、250 間の通信とは別途に取得される他系統リレー情報に基づいて監視可能である。また、制御部 150、250 は、協調不能異常が生じており、かつ、他系統リレー情報に基づく他系統停止確定がなされた場合、他系統停止に係る情報を異常情報として自身の記憶部 156、256 に記憶させる。これにより、他系統停止に係る情報を適切に記憶させることができる。

【0095】

協調不能異常が検出されてから他系統停止確定判定までの時間は、協調不能異常が検出されてから異常時処置確定判定までの時間よりも長い。これにより、誤った異常履歴が記憶される確率を下げることができる。また、協調不能異常が検出されてから他系統停止確定判定までの時間は、制御部 150、250 の再起動に要する時間に応じて設定される。これにより、例えば電源瞬断等の外部要因による一時的な異常が記憶されないので、誤った異常履歴が記憶される確率を下げることができる。

10

【0096】

制御部 150、250 は、他系統停止確定が判定された場合、異常時処置とは異なるバックアップ制御に移行する。本実施形態の異常時処置は、独立駆動モードへの移行であって、他系統停止の確定が判定されるまでの間は、バックアップ制御に移行しない。また、制御部 150、250 は、自身の起動時、他系統がバックアップ制御に移行している場合、自系統の停止状態を維持する。これにより、一時的な停止状態から復帰した場合の制御の不整合を避けることができる。

20

【0097】

具体的には、本実施形態のバックアップ制御では、他系統の出力を補うように出力特性を変更している。他系統停止確定判定までバックアップ制御に移行せず、出力特性を変更しない独立駆動モードとすることで、他系統が一時的な停止から復帰した場合の過出力を防ぐことができる。また、他系統が既にバックアップ制御に移行している場合、自系統の停止状態を維持することで、過出力を防ぐことができる。

30

【0098】

(第2実施形態)

第2実施形態を図14～図16に示す。本実施形態では、駆動モード選択処理が上記実施形態と異なっているので、この点を中心に説明する。本実施形態では、独立駆動モードまたは片系統駆動モードに移行した場合であっても、協調駆動モードに復帰可能であれば、協調駆動モードに復帰する。

30

【0099】

本実施形態の駆動モード選択処理を図14のフローチャートに基づいて説明する。S201、S202の処理は、図8中のS101、S102の処理と同様である。マイコン間通信が異常である場合、S206へ移行する。また、マイコン間通信が正常であって、協調駆動中の場合、S204へ移行して協調駆動を継続し、協調駆動中でない場合、S203へ移行する。

40

【0100】

S203では、制御部150、250は、協調復帰条件が成立しているか否か判断する。協調復帰条件が成立していると判断された場合(S203: YES)、S204へ移行し、駆動モードを協調駆動モードに切り替える。協調復帰条件が成立していないと判断された場合(S203: NO)、S205へ移行し、駆動モードを独立駆動モードとする。S206～S213の処理は、図8中のS107～S114の処理と同様である。

40

【0101】

協調復帰条件について説明する。本実施形態では、第1制御部150にて演算される第1電流指令値と、第2制御部250で演算される第2電流指令値との差の絶対値である指令偏差 I^* が乖離判定値 I_{th} より小さいと判断された場合、系統間で指令乖離が生じていないとみなし、協調復帰可能と判定する。また、第1制御部150にて演算される第1電流制限値 I_{lim1} および第2制御部250にて演算される第2電流制限値 I_{lim2} が、共に復帰判定値より大きい場合、協調復帰可能と判定する。また、操舵トルク T

50

s が非操舵判定値 $T_s - t_h$ より小さい場合、協調復帰可能と判定する。さらにまた、車速 V が車速判定値 $V - t_h$ より小さい場合、協調復帰可能と判定する。

【0102】

すなわち本実施形態では、指令偏差 I^* が乖離判定値 $I - t_h$ より小さく、電流制限値 I_{lim1} 、 I_{lim2} が復帰判定値より大きく、操舵トルク T_s が非操舵判定値 $T_s - t_h$ より小さく、かつ、車速 V が車速判定値 $V - t_h$ より小さい場合、「協調復帰条件が成立している」と判定する。また、補足として、マイコン間通信異常発生後、マイコン間通信が正常復帰した場合、「協調不能異常が解消された」とみなす。

【0103】

通信異常時処理を図15および図16のタイムチャートに基づいて説明する。図15は、図10と同様、電源瞬断が起こった場合の例であって、時刻 $x50$ ~ 時刻 $x52$ の処理は、図10中の時刻 $x10$ ~ 時刻 $x12$ の処理と同様である。時刻 $x53$ にて協調復帰条件が成立すると、系統 L_1 、 L_2 共に、駆動モードを独立駆動モードから協調駆動モードに切り替え、通常制御に復帰する。

10

【0104】

図16は、図13と同様、バックアップ制御移行後に、第1系統 L_1 の給電が復帰した場合の例である。時刻 $x60$ ~ 時刻 $x62$ の処理は、図13中の時刻 $x40$ ~ 時刻 $x42$ の処理と同様である。時刻 $x63$ にて第1系統 L_1 への給電が正常復帰し、第1制御部 150 が起動すると、マイコン間通信が正常となるので、系統 L_1 、 L_2 共に駆動モードを独立駆動モードとする。時刻 $x64$ にて、協調復帰条件が成立すると、系統 L_1 、 L_2 共に、駆動モードを独立駆動モードから協調駆動モードに切り替え、通常制御に復帰する。このとき、給電停止となっていた期間が、他系統異常確定判定値 $TH3$ に対応する他系統異常確定時間より長いため、他系統停止のダイアグは残る。

20

【0105】

本実施形態では、制御部 150 、 250 は、協調不能異常が解消され、かつ、協調復帰条件が成立した場合、通常制御に復帰する。これにより、一部の系統が異常確定後に正常復帰した場合、適切に通常制御に復帰させることができる。また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0106】

上記実施形態では、ECU10が「制御装置」、モータ80が「制御対象」、駆動制御部 151 、 251 が「動作制御部」、マイコン間通信異常が「制御部間の通信異常」、他系統リレー情報が「他系統監視情報」、マイコンリセットによる再起動が「制御部の再起動」に対応する。

30

【0107】

(他の実施形態)

上記実施形態では、監視対象異常は、協調不能異常であって、協調不能異常にはマイコン間通信異常および同期異常が含まれる。他の実施形態では、マイコン間通信異常または同期異常のいずれか一方を協調不能異常としてもよい。また、監視対象異常を、協調不能異常以外の異常としてもよい。上記実施形態では、他系統監視情報は他系統リレー情報である。他の実施形態では、他系統監視情報は他系統の状態を監視可能な他系統リレー情報以外の情報を用いてもよい。上記実施形態では、他系統監視回路を用いて他系統リレー情報を直接的に取得している。他の実施形態では、他系統監視情報は、共有する制御情報の通信を行う通信とは、別途の通信にて取得するようにしてもよい。

40

【0108】

上記実施形態では、判定タイミングを異ならせることで、異常時処置確定判定と異常記憶確定判定とを異ならせている。他の実施形態では、判定タイミング以外の判定条件を異ならせることで、異常時処置確定判定と異常記憶確定判定とを異ならせるようにしてよい。また、上記実施形態では、異常時処置は独立駆動モードへの移行である。他の実施形態では、異常時処置は独立駆動モードへの移行以外の処置としてもよい。上記実施形態では、2段目の異常確定時間と他系統停止確定判定時間とが等しい。他の実施形態では、2

50

段目の異常確定時間と他系統停止確定判定時間とが異なっていてもよい。

【0109】

第2実施形態では、操舵トルクに基づいて操舵状態を判定した。他の実施形態では、操舵トルクに限らず、ハンドル速度、モータ速度、または、ラック速度に基づいて操舵状態を判定してもよい。また、他の実施形態では、電流指令値および電流検出値に基づいて操舵状態を判定してもよい。電流指令値の値が大きい場合、操舵中である蓋然性が高いため、電流指令値が判定閾値より大きい場合、操舵中、判定閾値より小さい場合、非操舵状態と判定する、といった具合である。電流検出値についても同様である。また、操舵トルク、ハンドル速度、モータ速度、ラック速度、電流指令値および電流検出値の2つ以上を用いて操舵状態を判定してもよい。

10

【0110】

第2実施形態では、協調復帰判定条件として、指令偏差、電流制限値、操舵トルク、および、車速を用いる。他の実施形態では、協調復帰判定条件として、例示した上記4つの判定条件のうちの一部を省略してもよいし、他の判定条件を追加してもよく、例えば車両の挙動に係る項目として、車両の横Gやヨーレート等、他の項目を追加してもよい。

【0111】

上記実施形態では、協調駆動モードにおいて、電流指令値、電流検出値および電流制限値を系統間で共有する。他の実施形態では、協調駆動モードにおいて、電流制限値を共有しなくてもよい。上記実施形態では、第1制御部150をマスター制御部、第2制御部250をスレーブ制御部とし、協調駆動モードにおいて、第1制御部150にて演算された電流指令値を制御部150、250で用いる。他の実施形態では、電流指令値を共有せず、協調駆動モードにおいても、自系統の電流指令値を用いてもよい。また、電流指令値、電流検出値および電流制限値以外の値を共有してもよい。

20

【0112】

上記実施形態では、モータ巻線、インバータ部および制御部が2つずつ設けられる。他の実施形態では、モータ巻線は、1つまたは3つ以上であってもよい。また、インバータ部および制御部が1つまたは3つ以上であってもよい。また、例えば複数のモータ巻線およびインバータ部に対して1つの制御部を設ける、或いは、1つの制御部に対して複数のインバータ部およびモータ巻線を設ける、といった具合に、モータ巻線、インバータ部および制御部の数が異なっていてもよい。上記実施形態では、系統ごとに電源が設けられており、グランドが分離されている。他の実施形態では、1つの電源を複数系統にて共用してもよい。また、複数の系統が共通のグランドに接続されていてもよい。

30

【0113】

上記実施形態では、回転電機は、3相のブラシレスモータである。他の実施形態では、回転電機は、ブラシレスモータに限らない。また、発電機の機能を併せ持つ、所謂モータジェネレータであってもよい。上記実施形態では、制御装置は、電動パワーステアリング装置に適用される。他の実施形態では、制御装置を、ステアバイワイヤ装置等、操舵を司る電動パワーステアリング装置以外の操舵装置に適用してもよい。また、操舵装置以外の車載装置、または、車載以外の装置に適用してもよい。

【0114】

本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もししくは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記憶媒体に記憶されてい

40

50

てもよい。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】

【0115】

10 . . . ECU (制御装置)

80 . . . モータ (制御対象)

150、250 . . . 制御部

151、251 . . . 駆動制御部 (動作制御部)

155、255 . . . 異常監視部

156、256 . . . 記憶部

10

20

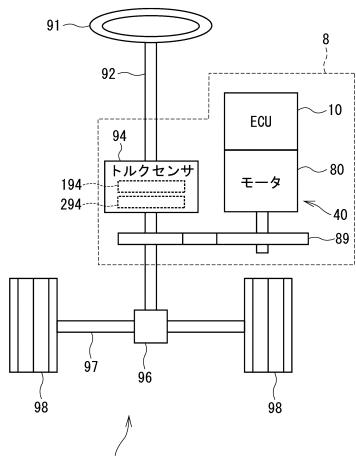
30

40

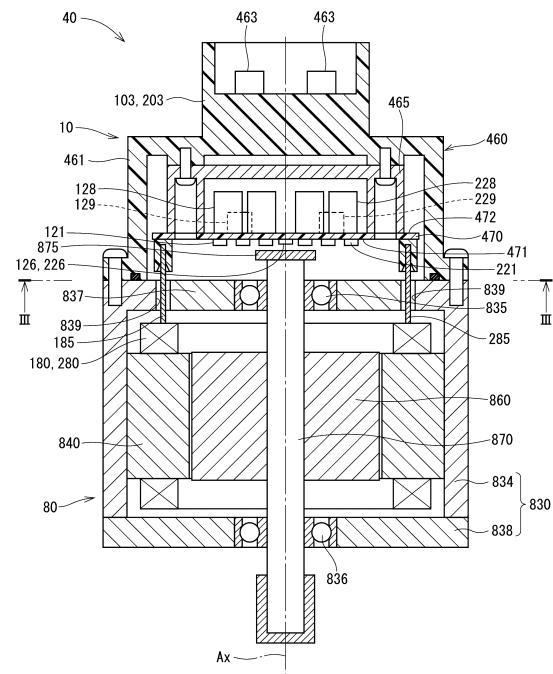
50

【四面】

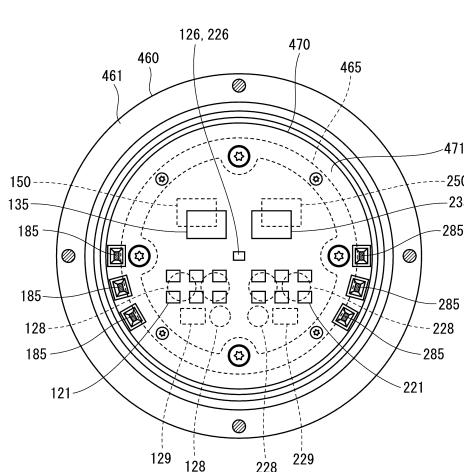
【 四 1 】



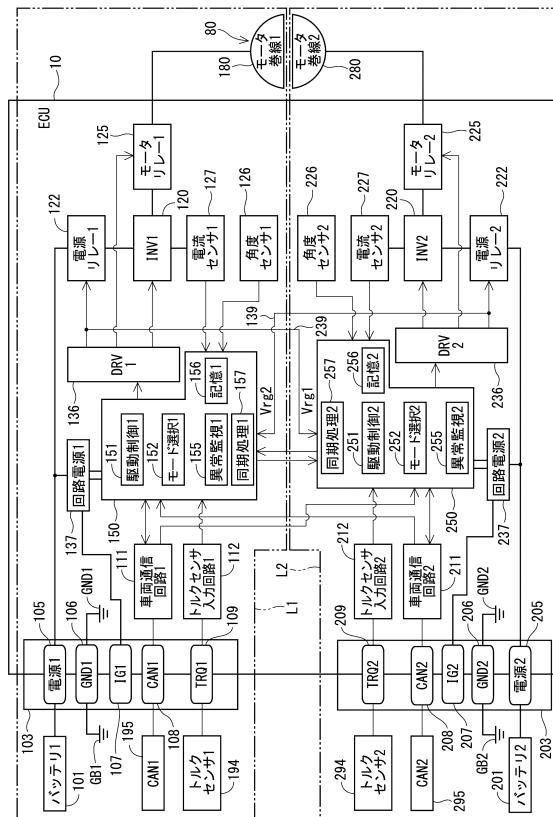
【 図 2 】



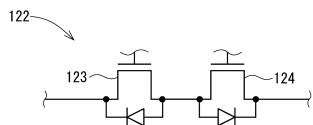
【図3】



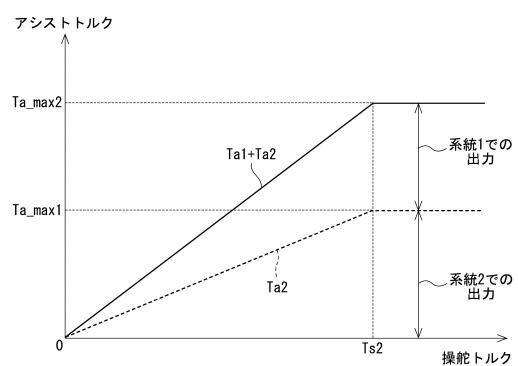
【図4】



【図 5】



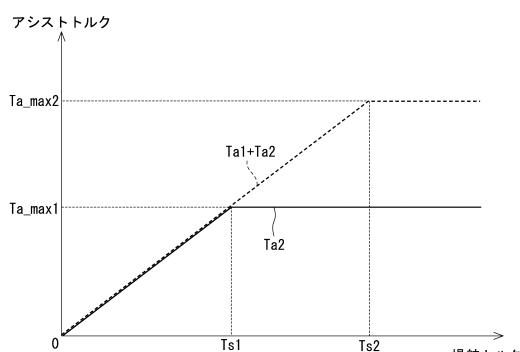
【図 6】



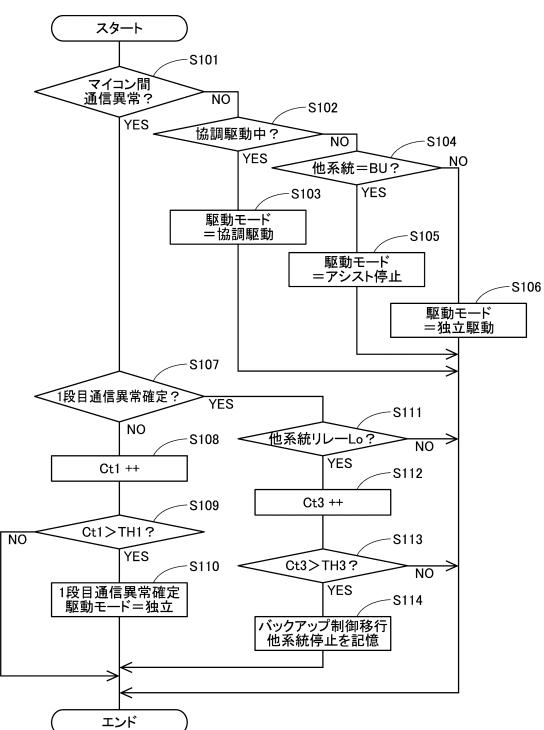
10

20

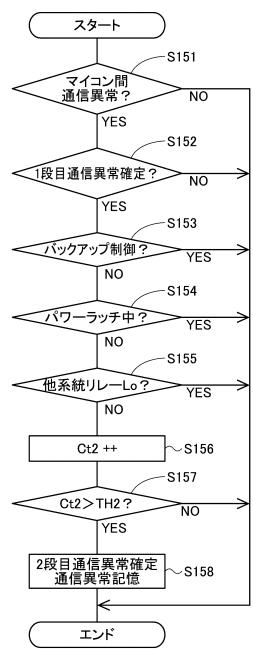
【図 7】



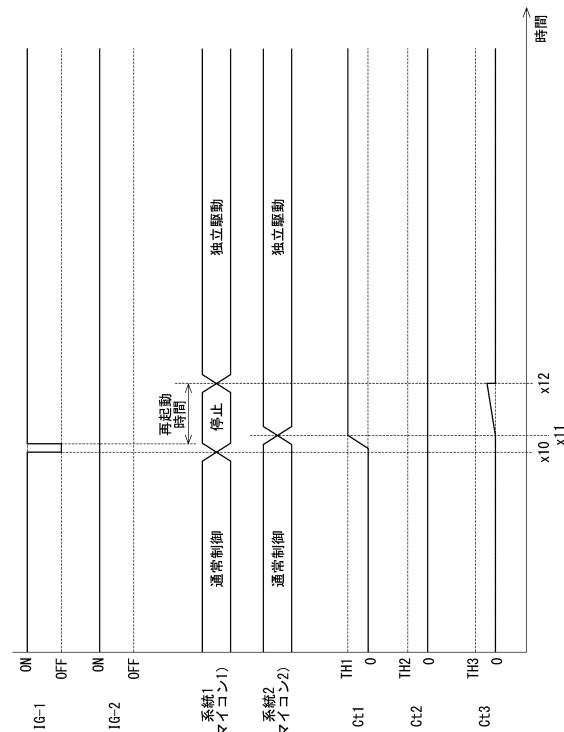
【図 8】



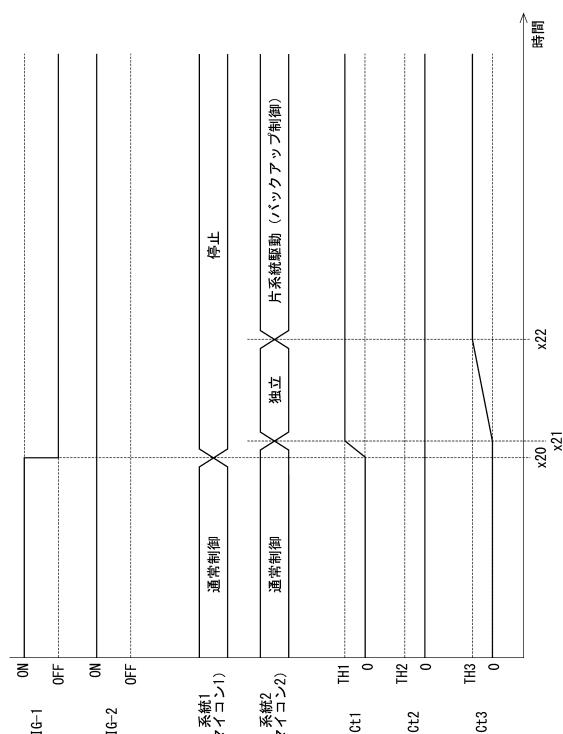
【図 9】



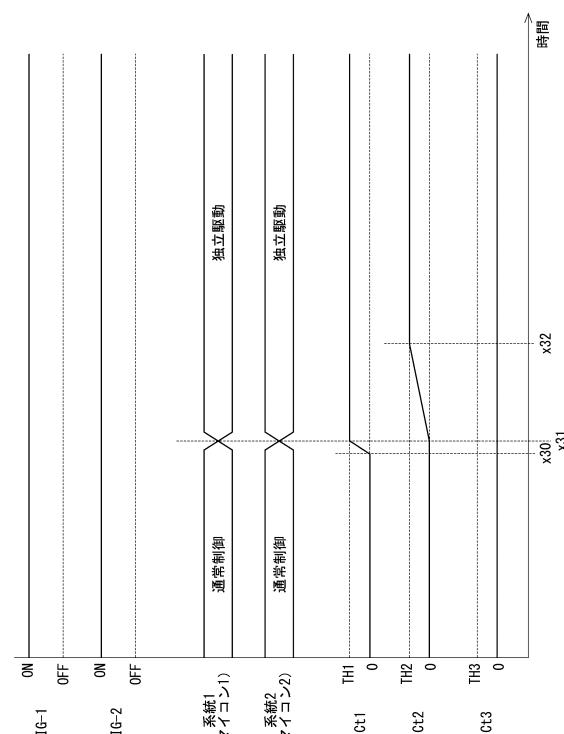
【図 10】



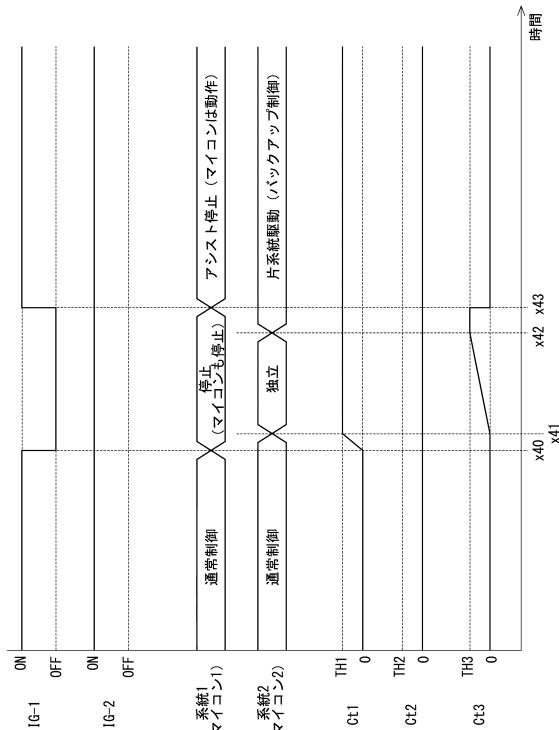
【図 11】



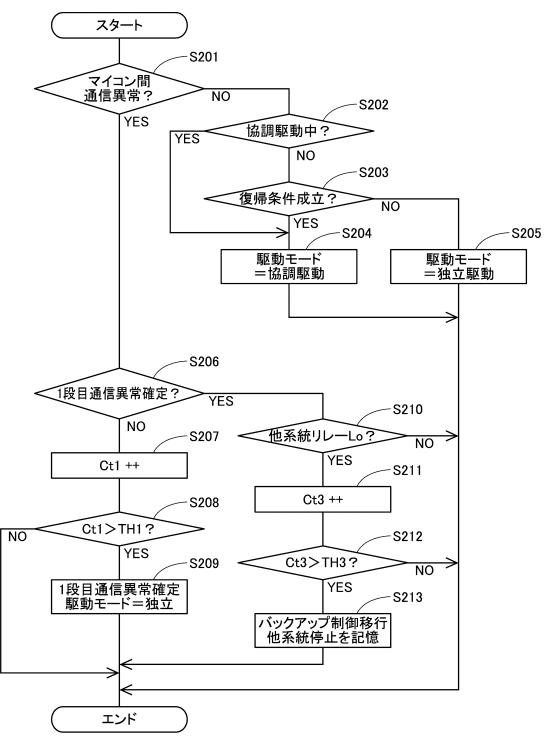
【図 12】



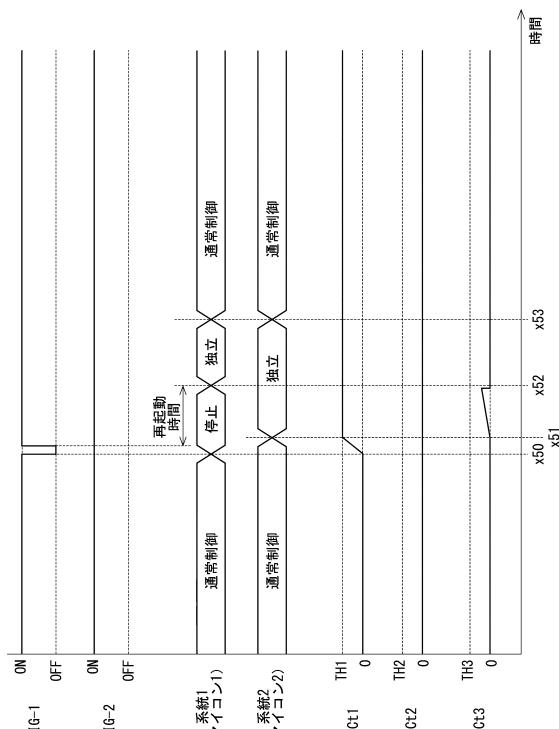
【図 1 3】



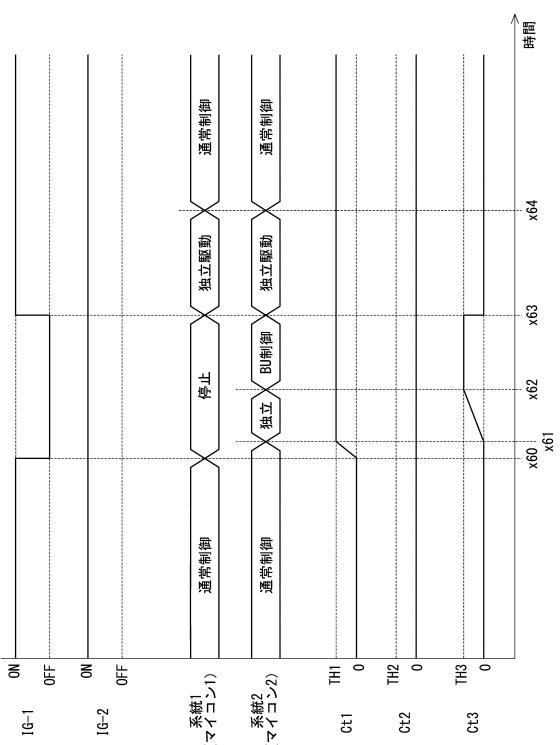
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

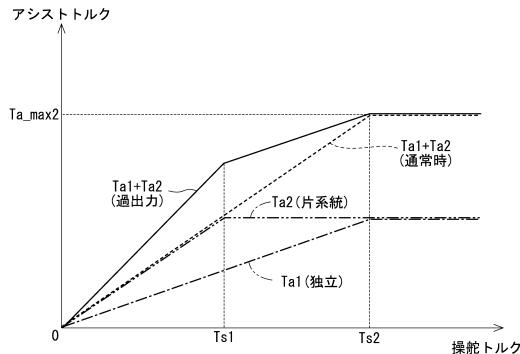
20

30

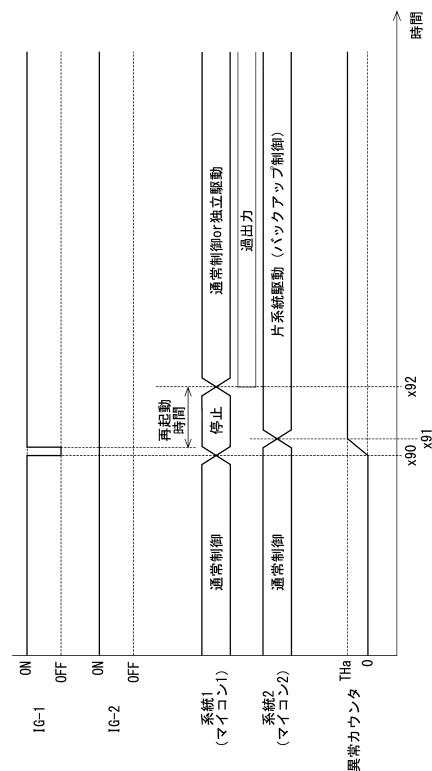
40

50

【図 1 7】



【図 1 8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2017-175792(JP, A)
 特開2019-4682(JP, A)
 国際公開第2018/012417(WO, A1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 H02P 29/024