

(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

F I

H 0 2 P 29/024 (2016.01)

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)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー
(22)出願日	令和1年8月15日(2019.8.15)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65)公開番号	特開2021-35074(P2021-35074A)	(74)代理人	100093779 弁理士 服部 雅紀
(43)公開日	令和3年3月1日(2021.3.1)	(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
審査請求日	令和3年8月19日(2021.8.19)	(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。

10

20

【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】**【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】**【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

10

20

30

40

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ⅠⅠⅠ－ⅠⅠⅠ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ー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、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くてもよく、電気的特性が異なってもよい。

【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Ａ×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

【 0 0 1 8 】

シャフト 8 7 0 は、ロータ 8 6 0 に嵌入され、ロータ 8 6 0 と一体に回転する。シャフト 8 7 0 は、軸受 8 3 5、8 3 6 により、ハウジング 8 3 0 に回転可能に支持される。シャフト 8 7 0 の E C U 1 0 側の端部は、ハウジング 8 3 0 から E C U 1 0 側に突出する。シャフト 8 7 0 の E C U 1 0 側の端部には、マグネット 8 7 5 が設けられる。

【 0 0 1 9 】

ハウジング 8 3 0 は、リアフレームエンド 8 3 7 を含む有底筒状のケース 8 3 4、および、ケース 8 3 4 の開口側に設けられるフロントフレームエンド 8 3 8 を有する。ケース 8 3 4 とフロントフレームエンド 8 3 8 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 8 3 7 には、リード線挿通孔 8 3 9 が形成される。リード線挿通孔 8 3 9 には、モータ巻線 1 8 0、2 8 0 の各相と接続されるリード線 1 8 5、2 8 5 が挿通される。リード線 1 8 5、2 8 5 は、リード線挿通孔 8 3 9 から E C U 1 0 側に取り出され、基板 4 7 0 に接続される。

10

【 0 0 2 0 】

E C U 1 0 は、カバー 4 6 0、カバー 4 6 0 に固定されているヒートシンク 4 6 5、ヒートシンク 4 6 5 に固定されている基板 4 7 0、および、基板 4 7 0 に実装される各種の電子部品等を備える。カバー 4 6 0 は、外部の衝撃から電子部品を保護したり、E C U 1 0 の内部への埃や水等の浸入を防止したりする。カバー 4 6 0 は、カバー本体 4 6 1、および、コネクタ部 1 0 3、2 0 3 が一体に形成される。コネクタ部 1 0 3、2 0 3 は、カバー本体 4 6 1 と別体であってもよい。コネクタ部 1 0 3、2 0 3 の端子 4 6 3 は、図示しない配線等を経由して基板 4 7 0 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 1 0 3、2 0 3 は、駆動装置 4 0 の軸方向の端部に設けられ、モータ 8 0 と反対側に開口する。

20

【 0 0 2 1 】

基板 4 7 0 は、例えばプリント基板であり、リアフレームエンド 8 3 7 と対向して設けられる。基板 4 7 0 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 4 7 0 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。

【 0 0 2 2 】

基板 4 7 0 の 2 つの主面のうち、モータ 8 0 側の面をモータ面 4 7 1、モータ 8 0 と反対側の面をカバー面 4 7 2 とする。図 3 に示すように、モータ面 4 7 1 には、インバータ部 1 2 0 を構成するスイッチング素子 1 2 1、インバータ部 2 2 0 を構成するスイッチング素子 2 2 1、角度センサ 1 2 6、2 2 6、カスタム I C 1 3 5、2 3 5 等が実装される。角度センサ 1 2 6、2 2 6 は、マグネット 8 7 5 の回転に伴う磁界の変化を検出可能なように、マグネット 8 7 5 と対向する箇所に実装される。

30

【 0 0 2 3 】

カバー面 4 7 2 には、コンデンサ 1 2 8、2 2 8、インダクタ 1 2 9、2 2 9、および、制御部 1 5 0、2 5 0 を構成するマイコン等が実装される。図 3 では、制御部 1 5 0、2 5 0 を構成するマイコンについて、それぞれ「1 5 0」、「2 5 0」を付番した。コンデンサ 1 2 8、2 2 8 は、バッテリー 1 0 1、2 0 1 から入力された電力を平滑化する。また、コンデンサ 1 2 8、2 2 8 は、電荷を蓄えることで、モータ 8 0 への電力供給を補助する。コンデンサ 1 2 8、2 2 8、および、インダクタ 1 2 9、2 2 9 は、フィルタ回路を構成し、バッテリー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 4 0 からバッテリー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 1 2 2、2 2 2、モータリレー 1 2 5、2 2 5、および、電流センサ 1 2 7、2 2 7 等についても、モータ面 4 7 1 またはカバー面 4 7 2 に実装される。

40

【 0 0 2 4 】

図 4 に示すように、E C U 1 0 は、インバータ部 1 2 0、2 2 0、および、制御部 1 5 0、2 5 0 等を備える。E C U 1 0 には、コネクタ部 1 0 3、2 0 3 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、E C U 10 の内部の第 1 系統のグランドである第 1 グランド G N D 1 と、E C U 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 G B 1 とに接続される。車のシステムにおいては金属ボデーが共通の G N D プレーンとなっており、第 1 外部グランド G B 1 は G N D 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 G N D 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witch 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 I C 135 に供給される。第 1 カスタム I C 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、E C U 10 の内部の第 2 系統のグランドである第 2 グランド G N D 2 と、E C U 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 G B 2 とに接続される。車のシステムにおいては金属ボデーが共通の G N D プレーンとなっており、第 2 外部グランド G B 2 は G N D 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 G N D 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、G N D 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witch 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 I C 235 に供給される。第 2 カスタム I C 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】

50

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に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、バッテリー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、例えばロック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 T_a を、操舵トルク T_s に応じて設定している。図6では、横軸を操舵トルク T_s 、縦軸をアシストトルク T_a 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 T_a は、操舵トルク T_s が上限到達値 T_{s2} までの範囲において、操舵トルク T_s が大きくなるにつれて大きくなり、操舵トルク T_s が上限到達値 T_{s2} 以上の範囲において、出力上限値 T_{a_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 T_{a_max1} は、2系統での出力上限値 T_{a_max2} の1/2となっている。また、1系統での操舵トルク T_s に対するアシストトルク T_a 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 T_a 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 T_a は、出力上限値 T_{a_max2} までの範囲にて、操舵トルク T_s 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 T_s が上限到達値 T_{s1} までの範囲にて、操舵トルク T_s に対するアシストトルク T_a の増加割合を2倍にすることで、操舵トルク T_s に対するアシストトルク T_a を2系統駆動時と同じにしている。また、操舵トルク T_s が上限到達値 T_{s1} より大きい範囲において、アシストトルク T_a は、操舵トルク T_s によらず、片系統駆動での出力上限値 T_{a_max1} となり、2系統駆動時よりアシストトルク T_a 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 T_{a_max1} を2系統駆動での出力上限値 T_{a_max2} 以下の範囲にて引き上げてよい。以下適宜、他系統異常時に行う片系統駆動を、「バックアップ制御」とし、図中「BU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 T_s に対するアシストトルク T_a 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

10

20

30

40

50

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Ｖｒｇ２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Ｖｒｇ２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Ｖｒｇ１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Ｖｒｇ１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Ｖｒｇ１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おり、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、を切り分けている。

【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、バッテリー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

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乘せされると、操舵トルクTsが上限到達値Ts2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

YES)、S105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(S104:NO)、S106へ移行し、自系統の駆動モードを独立駆動モードとする。

【0068】

マイコン間通信が異常であると判断された場合(S101:YES)に移行するS107では、制御部150、250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(S107:YES)、S111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(S107:NO)、S108へ移行し、1段目通信異常カウンタCt1をインクリメントする。

【0069】

S109では、制御部150、250は、1段目通信異常カウンタCt1が1段目確定判定値TH1より大きいと判断するか否かを判断する。1段目確定判定値TH1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Ct1が1段目確定判定値TH1以下であると判断された場合(S109:NO)、S110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Ct1が1段目確定判定値TH1より大きいと判断された場合(S109:YES)、S110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TH1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。

【0070】

1段目の通信異常が確定していると判断された場合(S107:YES)に移行するS111では、制御部150、250は、他系統リレーがLoか否か判断する。他系統リレーがHiであると判断された場合(S111:NO)、S113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Ct3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Loであると判断された場合(S111:YES)、S112へ移行し、他系統監視カウンタCt3をインクリメントする。

【0071】

S113では、制御部150、250は、他系統監視カウンタCt3が他系統異常確定判定値TH3より大きいと判断するか否かを判断する。他系統異常確定判定値TH3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Ct3が他系統異常確定判定値TH3以下であると判断された場合(S113:NO)、S114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Ct3が他系統異常確定判定値TH3より大きいと判断された場合(S113:YES)、S114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156、256に記憶させる。

【0072】

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150、250にて所定の周期で実行される。S151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。マイコン間通信が正常であると判断された場合(S151:NO)、S152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Ct2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(S151:YES)、S152へ移行する。

【0073】

S152では、制御部150、250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(S152:NO)、S152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(S152:YES)、S153へ移行する。

【0074】

S153では、制御部150、250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(S153:YES)、S154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 1 5 3 : N O)、S 1 5 4 へ移行する。

【 0 0 7 5 】

S 1 5 4 では、制御部 1 5 0、2 5 0 は、パワーラッチ中か否か判断する。制御部 1 5 0、2 5 0 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 1 5 0、2 5 0 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 1 5 4 : Y E S)、S 1 5 5 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 1 5 4 : N O)、S 1 5 5 へ移行する。

【 0 0 7 6 】

S 1 5 5 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 L o であると判断された場合 (S 1 5 5 : Y E S)、S 1 5 6 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 1 5 5 : N O)、S 1 5 6 へ移行する。

【 0 0 7 7 】

S 1 5 6 では、制御部 1 5 0、2 5 0 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 1 5 7 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 1 5 7 : N O)、S 1 5 8 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 1 5 7 : Y E S)、S 1 5 8 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 1 5 6、2 5 6 に記憶する。

【 0 0 7 8 】

図 9 では、S 1 5 3 ~ S 1 5 5 がダイアグ記憶マスク条件判定に対応しており、S 1 5 3 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ため、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 1 5 5 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 1 5 4 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 1 5 3 ~ S 1 5 5 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 1 5 3 ~ S 1 5 5 は、順番を入れ替えてもよいし、一部の処理を省略してもよい。

【 0 0 7 9 】

通信異常時処理を図 1 0 ~ 図 1 3 のタイムチャートに基づいて説明する。図 1 0 では、上段から、第 1 制御部 1 5 0 への給電状態 (図中「I G - 1」と記載)、第 2 制御部 2 5 0 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 2 5 0 内の値とする。また、制御部 1 5 0、2 5 0 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 1 1 ~ 1 4 および図 1 8 も概ね同様である。

【 0 0 8 0 】

本実施形態の説明に先立ち、参考例を図 1 7 および図 1 8 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行っている。図 1 8 に示すように、時刻 x 9 0 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 1 5 0 のマイコンが停止する。このとき、第 2 制御部 2 5 0 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 】

10

20

30

40

50

時刻× 9 1にて、異常カウンタのカウント値が確定閾値THaになると、第2制御部250では、相手系統である第1系統L1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× 9 0にて生じた異常が電源瞬断の場合、第1系統L1への給電が再開されると、時刻× 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× 9 2において、第2系統L2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× 1 0にて第1系統L1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Ct1のカウントを開始する。時刻× 1 1にて、1段目通信異常カウンタCt1が1段目確定判定値TH1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L1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Loとなるので、他系統監視カウンタCt3のカウントが開始される。このとき、他系統リレーがLo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Ct2は、カウントされない。

20

【0085】

時刻× 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Hiとなるので、他系統監視カウンタCt3がリセットされる。また、第1制御部150は、第2系統L2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× 2 0にて第1系統L1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× 2 0および時刻× 2 1の処理は、図10中の時刻× 1 0および時刻× 1 1の処理と同様である。第1系統L1の電源オフ状態が継続されると、他系統リレーのLoが継続される。時刻× 2 2において、他系統監視カウンタCt3が他系統異常確定判定値TH3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× 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L1、L2とも、電源はオンであって、カウンタCt1、Ct2、Ct3は、制御部150、250で同様の値となる。時刻× 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Ct1のカウントが開始される。時刻× 3 1にて、1段目通信異常カウンタCt1が1段目確定判定値TH1を超えると、系統L1、L2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 1 5 0、2 5 0 は、それぞれ自身の記憶部 1 5 6、2 5 6 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 1 5 6、2 5 6 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 1 3 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 1 5 0 の再起動に要する時間の記載は省略している。後述の図 1 6 も同様とする。時刻 x 4 0 ~ 時刻 x 4 2 の処理は、図 1 1 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 1 5 0 が起動する。このとき、第 1 制御部 1 5 0 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に、第 1 系統 L 1 によるモータ 8 0 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 1 5 0 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 8 0 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。

【 0 0 9 0 】

以上説明したように、本実施形態の E C U 1 0 の制御部 1 5 0、2 5 0 は、駆動制御部 1 5 1、2 5 1 と、異常監視部 1 5 5、2 5 5 と、記憶部 1 5 6、2 5 6 と、を備える。駆動制御部 1 5 1、2 5 1 は、制御対象であるモータ 8 0 の動作を制御する。異常監視部 1 5 5、2 5 5 は、異常監視を行う。記憶部 1 5 6、2 5 6 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。

【 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。

【 0 0 9 2 】

E C U 1 0 には、駆動制御部 1 5 1、2 5 1、異常監視部 1 5 5、2 5 5 および記憶部 1 5 6、2 5 6 を有する制御部 1 5 0、2 5 0 が複数設けられる。本実施形態の監視対象異常は、制御部 1 5 0、2 5 0 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 1 5 0、2 5 0 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、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。

【 0 0 9 3 】

制御部 1 5 0、2 5 0 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 1 5 0、2 5 0 は、他の制御部によりモータ 8 0 の制御状況を、監視対象である

10

20

30

40

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可以降低。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で、誤った異常履歴が記憶される確率を下げる可以降低。

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可以降低。

【0097】

20

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可以降低。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、過出力を防ぐ可以降低。

【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。

【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_th} 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_{th} 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_{th} 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_th} より小さく、かつ、車速 V が車速判定値 V_{th} 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 $L1$ 、 $L2$ 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。

【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 $L1$ 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 $L1$ 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 $L1$ 、 $L2$ 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 $L1$ 、 $L2$ 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場合、他系統停止のダイアグは残る。

【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。

【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。

【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もよい。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

10

20

30

40

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もよい。

【 0 1 0 9 】

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

【 0 1 1 0 】

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。

【 0 1 1 1 】

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

【 0 1 1 2 】

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、グラウ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ウンドに接続されていてもよい。

30

【 0 1 1 3 】

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。

【 0 1 1 4 】

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】

【 0 1 1 5 】

1 0 . . . E C U (制御装置)

8 0 . . . モータ (制御対象)

1 5 0、2 5 0 . . . 制御部

1 5 1、2 5 1 . . . 駆動制御部 (動作制御部)

1 5 5、2 5 5 . . . 異常監視部

1 5 6、2 5 6 . . . 記憶部

10

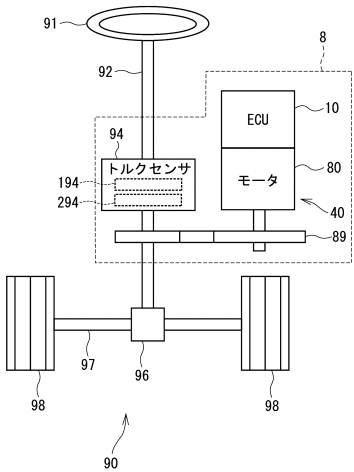
20

30

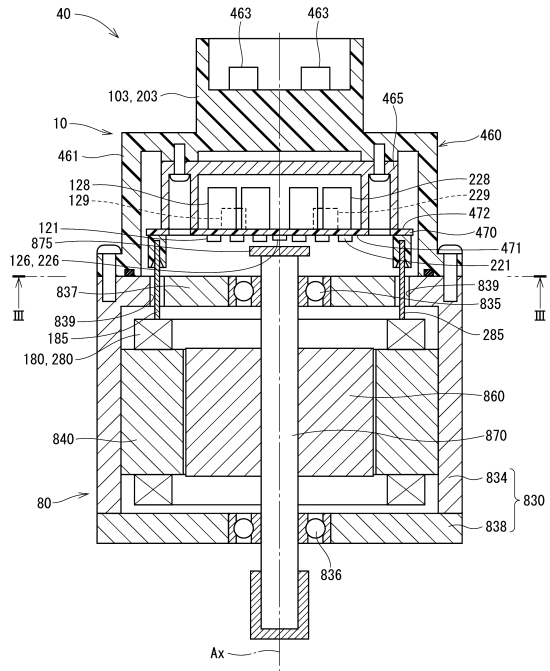
40

50

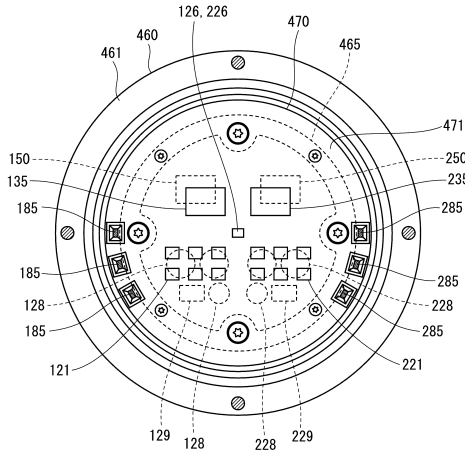
【図面】
【図 1】



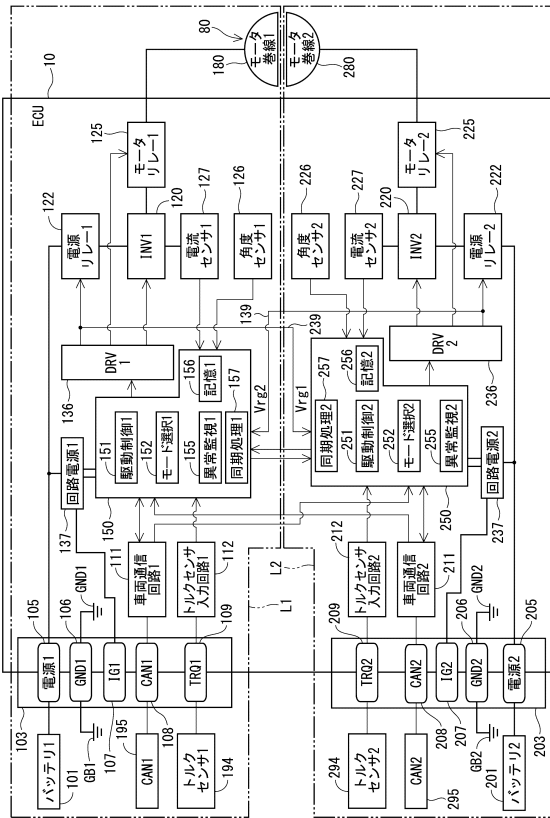
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

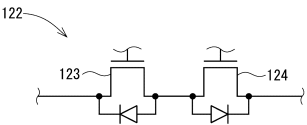
20

30

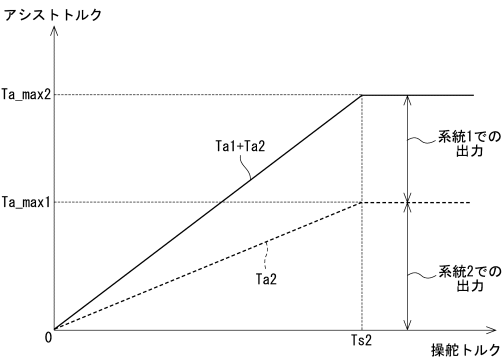
40

50

【図 5】



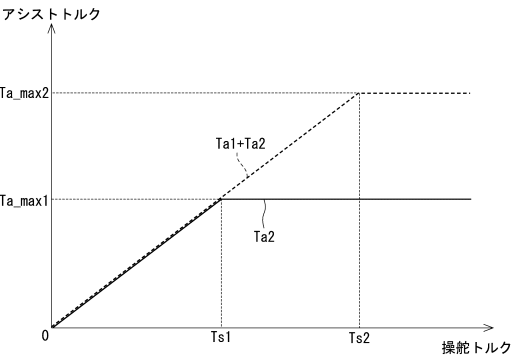
【図 6】



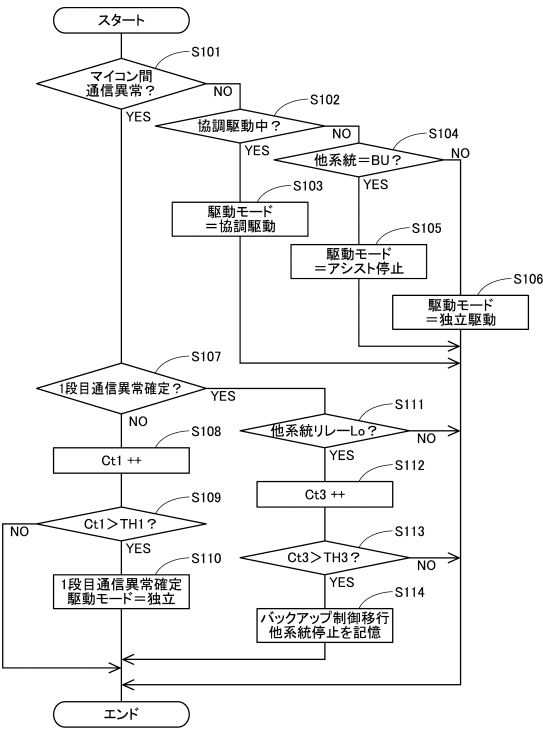
10

20

【図 7】



【図 8】

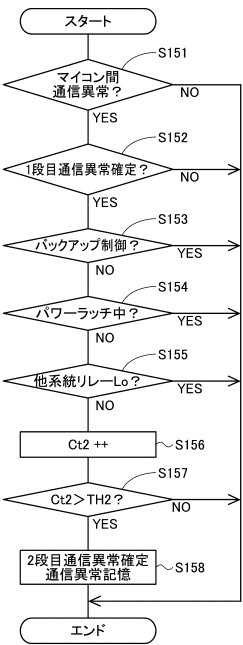


30

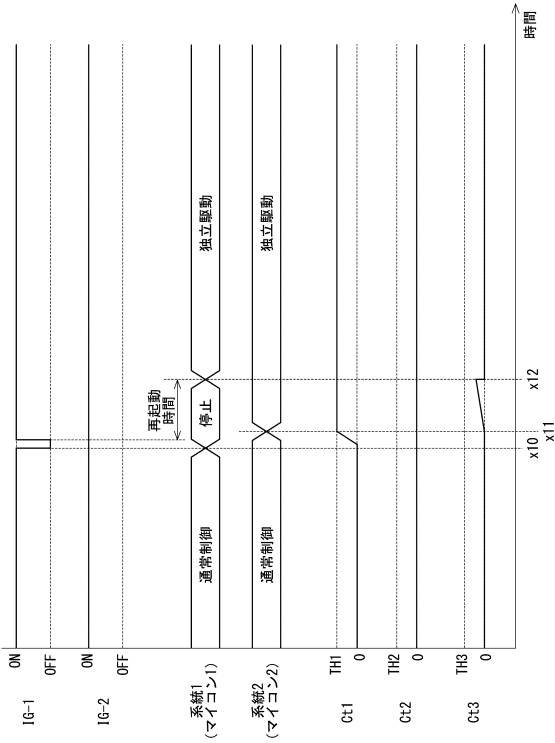
40

50

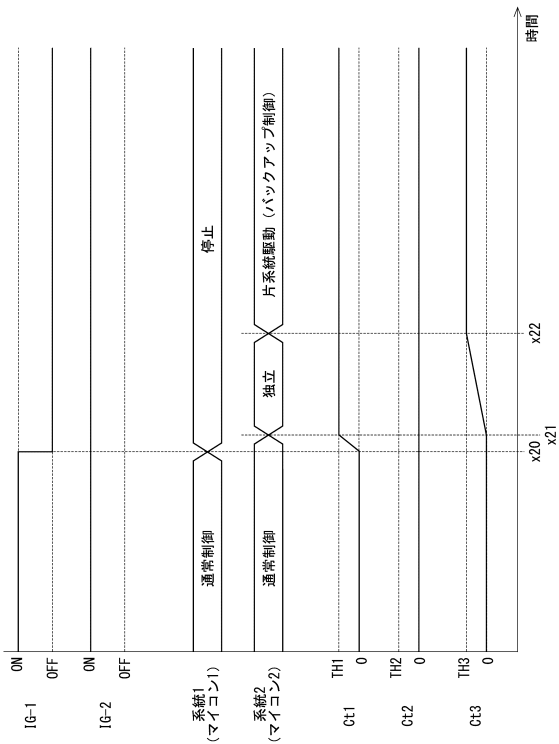
【図 9】



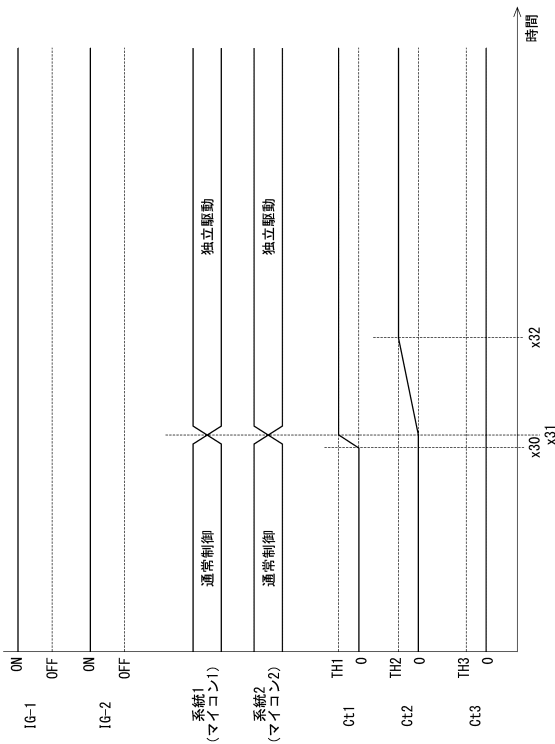
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

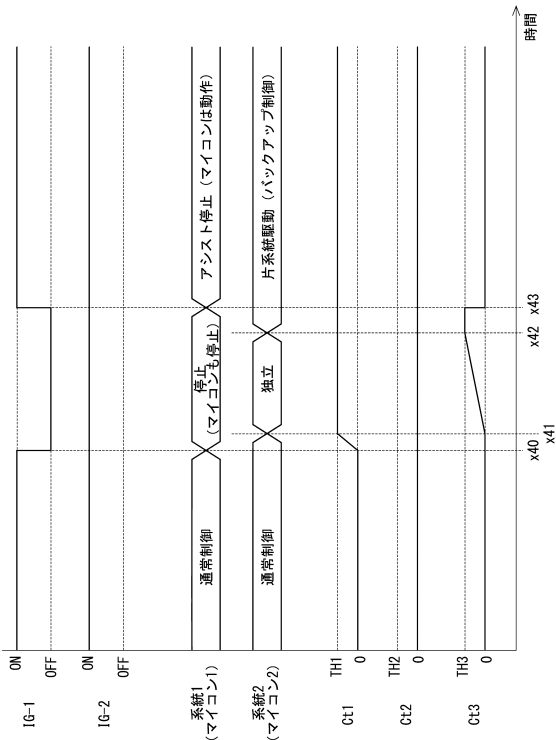
20

30

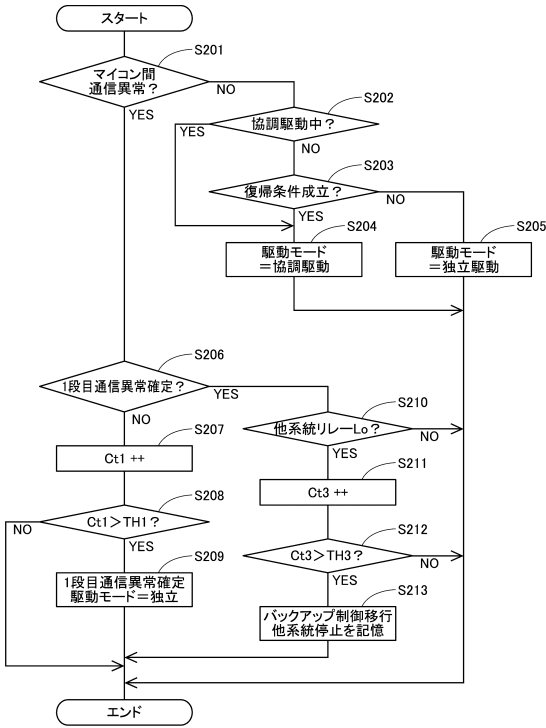
40

50

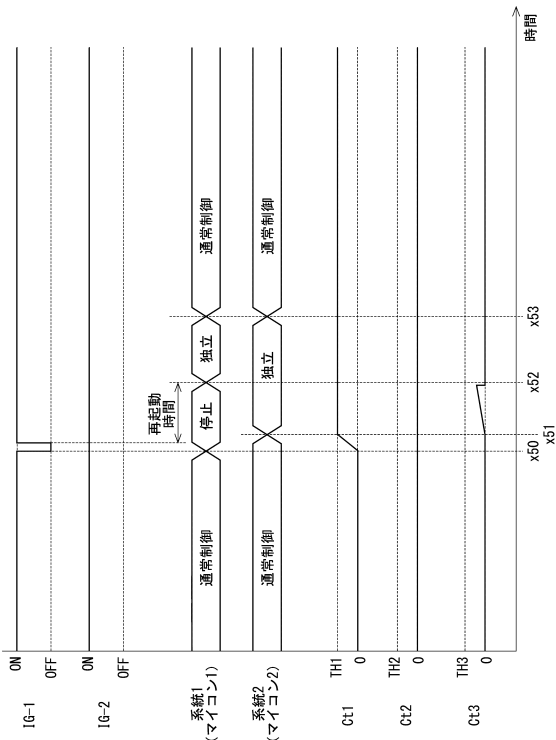
【図 1 3】



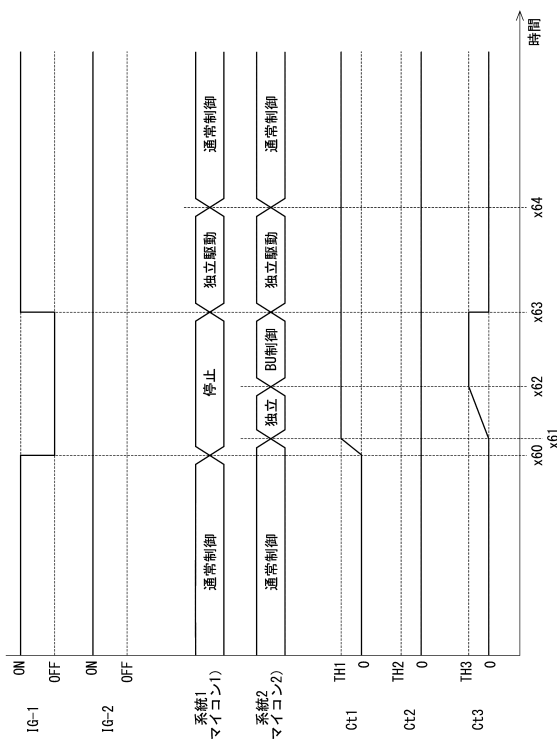
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

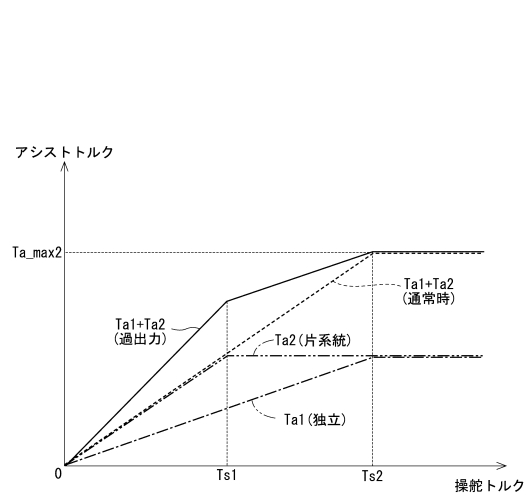
20

30

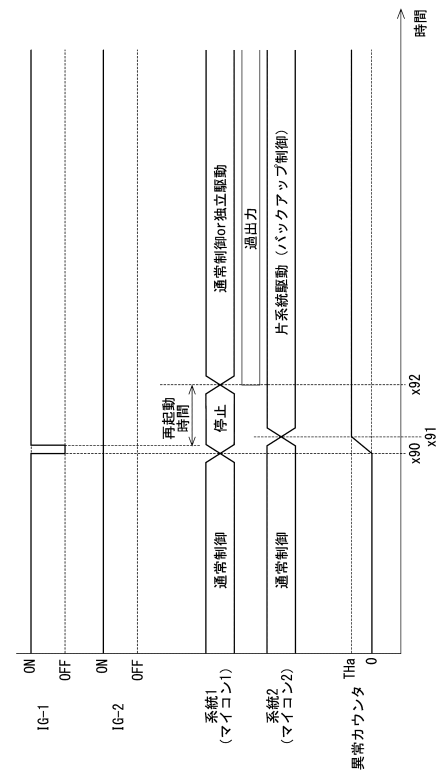
40

50

【図 17】



【図 18】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 1 7 5 7 9 2 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 4 6 8 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 0 1 2 4 1 7 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
H 0 2 P 2 9 / 0 2 4