

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6798476号
(P6798476)

(45) 発行日 令和2年12月9日(2020.12.9)

(24) 登録日 令和2年11月24日(2020.11.24)

(51) Int.Cl.	F I	
HO2P 25/22 (2006.01)	HO2P 25/22	
HO2P 27/06 (2006.01)	HO2P 27/06	
HO2M 7/48 (2007.01)	HO2M 7/48	E
B62D 6/00 (2006.01)	HO2M 7/48	M
B62D 5/04 (2006.01)	B62D 6/00	

請求項の数 11 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-230332 (P2017-230332)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成29年11月30日(2017.11.30)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2019-103213 (P2019-103213A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	令和1年6月24日(2019.6.24)	(74) 代理人	100093779
審査請求日	令和1年10月17日(2019.10.17)		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
		(72) 発明者	滝 雅也
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置、モータ駆動システム、及び、モータ制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の巻線組(801、802)を有するモータ(80)の駆動を制御するモータ制御装置であって、

前記複数の巻線組に対応して設けられ、一つ以上の電源(11、111、112)から入力される電力を変換して前記複数の巻線組に供給する複数の電力変換器(601、602)と、

前記複数の電力変換器に対応して設けられ、各電力変換器に指令する駆動信号を演算する複数のマイコン(401、402)と、

を備え、

前記巻線組、前記電力変換器及び前記マイコンを含む構成要素の単位を系統と定義すると、

前記複数のマイコンは、起動時にマイコンの演算を同期させ、起動後に、自系統の構成要素についてイニシャルチェックを実施し、

前記イニシャルチェックで異常判定された系統によるモータ駆動を禁止し、且つ、

前記イニシャルチェックで二つ以上の系統が正常判定されたとき、正常判定された二つ以上の系統で同期してモータ駆動を開始し、

前記イニシャルチェックの期間において、所定の基本診断時間の経過時に複数のうち一部の系統が正常判定され、他の系統が診断未了である場合、

前記基本診断時間内に正常判定された系統である先行系統のみでモータ駆動を開始し、

前記基本診断時間の経過時に診断未了であった系統のうち、前記先行系統によるモータ駆動開始後、所定の延長診断時間内に正常判定された系統を後続系統とすると、

前記延長診断時間内に正常判定されたとき、前記後続系統は前記先行系統に同期してモータ駆動を開始し、

前記延長診断時間が経過したとき、前記先行系統のみでのモータ駆動を継続し、前記後続系統が前記先行系統に同期してモータ駆動する可能性が消失するモータ制御装置。

【請求項 2】

前記複数のマイコンは、前記イニシャルチェックの診断情報をマイコン間通信により相互に送受信する請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記複数のマイコンは、前記イニシャルチェックを開始する準備ができていないことを示すレディ信号を互いに送受信し、当該レディ信号が正常に送受信されたとき、同期して前記イニシャルチェックを開始する請求項 1 または 2 に記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

各系統の前記電力変換器は、系統毎に設けられる電源（111、112）から電力供給される請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記イニシャルチェックの診断対象には、

前記電力変換器を構成するスイッチング素子（611 - 616、621 - 626）、又は、各系統の前記電力変換器の入力部に設けられ、電源から前記電力変換器への電力供給を遮断可能な電源リレー（141、142）の少なくとも一方が含まれる請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

前記複数のマイコンは、同一の基板（230）の同一側の面（238）に、所定間隔を空けて配置されている請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のモータ制御装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のモータ制御装置と、

前記モータ制御装置により通電される複数の多相巻線組が同軸に設けられたブラシレスモータとして構成される前記モータと、

を備えるモータ駆動システム。

【請求項 8】

前記モータの軸方向の一方側に前記モータ制御装置が一体に構成されている請求項 7 に記載のモータ駆動システム。

【請求項 9】

車両の電動パワーステアリング装置に適用され、

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のモータ制御装置と、

前記モータ制御装置により駆動され、アシストトルクを出力する前記モータと、

を備え、

前記イニシャルチェックで二つ以上の系統が正常判定されたとき、正常判定された二つ以上の系統で同期してアシスト開始するモータ駆動システム。

【請求項 10】

二組の巻線組を有する前記モータと、

二つの電源（111、112）と、

二つの前記電源から入力される電力を変換して前記二組の巻線組に供給する二つの電力変換器、及び、前記二つの電力変換器に対応して設けられ、各電力変換器に指令する駆動信号を演算する二つのマイコンを備える前記モータ制御装置と、

各系統の前記電力変換器又は前記巻線組に通電される電流を検出し、二つの前記マイコンに出力する二つの電流センサ（741、742）と、

前記モータの電気角を検出し、二つの前記マイコンに出力する二つの回転角センサ（251、252）と、

10

20

30

40

50

を備える請求項 9 に記載のモータ駆動システム。

【請求項 11】

モータ(80)の複数の巻線組(801、802)に対応して設けられ、一つ以上の電源(11、111、112)から入力される電力を変換して前記複数の巻線組に供給する複数の電力変換器(601、602)と、

前記複数の電力変換器に対応して設けられ、各電力変換器に指令する駆動信号を演算する複数のマイコン(401、402)と、

を備えるモータ制御装置によるモータ制御方法であって、

前記巻線組、前記電力変換器及び前記マイコンを含む構成要素の単位を系統と定義すると、

前記複数のマイコンは、起動時にマイコンの演算を同期させ、起動後に、自系統の構成要素についてイニシャルチェックを実施し、

前記イニシャルチェックで異常判定された系統によるモータ駆動を禁止し、且つ、

前記イニシャルチェックで二つ以上の系統が正常判定されたとき、正常判定された二つ以上の系統で同期してモータ駆動を開始し、

前記イニシャルチェックの期間において、所定の基本診断時間の経過時に複数のうち一部の系統が正常判定され、他の系統が診断未了である場合、

前記基本診断時間内に正常判定された系統である先行系統のみでモータ駆動を開始し、

前記基本診断時間の経過時に診断未了であった系統のうち、前記先行系統によるモータ駆動開始後、所定の延長診断時間内に正常判定された系統を後続系統とすると、

前記延長診断時間内に正常判定されたとき、前記後続系統は前記先行系統に同期してモータ駆動を開始し、

前記延長診断時間が経過したとき、前記先行系統のみでのモータ駆動を継続し、前記後続系統が前記先行系統に同期してモータ駆動する可能性が消失するモータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のマイコンによりモータの駆動を制御するモータ制御装置、それを備えるモータ駆動システム、及び、モータ制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、冗長的に設けられた複数のマイコンでモータの駆動を制御するモータ制御装置が知られている。

【0003】

例えば特許文献 1 に開示された電動パワーステアリング装置は、メインマイコンとサブマイコンとの間で情報を送受信し、各マイコンに入力されるセンサ値、及び、各マイコンが演算した演算値を比較して乖離があれば異常判定する。異常側のマイコンは動作を停止し、正常側のマイコンでモータの駆動を継続する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2015 - 081013 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の従来技術は、マイコン起動後のモータ駆動開始時に両マイコンの動作を同期させる手段を有していない。例えば各マイコンの起動タイミングに差があると、それに応じてモータ駆動開始タイミングがずれる可能性がある。すると、モータ駆動を開始後のマイコンと開始前のマイコンとの間に指令値の乖離が生じ、両系統とも正常であるにもかかわらず、異常であると誤判定される可能性がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

各マイコンに対応するセンサや電源が冗長化により複数設けられると、マイコン間の乖離がより生じやすくなる。特に電源が冗長的に設けられ、各マイコンが個別の電源から電力供給されるシステムでは、マイコンの起動タイミングがずれ、指令値が乖離する可能性が高くなる。その他、複数系統を同時に動作させる前提での制御やフェイルセーフ処理が正常に機能しない可能性がある。或いは、複数系統が同時に動作しない状況に対応する処置が必要となる。

【 0 0 0 7 】

また、車両の電動パワーステアリング装置のように高い信頼性が要求されるシステムに適用されるモータ制御装置では、マイコン起動後、モータ駆動開始前に、スイッチング素子やセンサ等に異常がないかを診断するイニシャルチェックが各マイコンにより実施される。イニシャルチェックにより正常判定されると、モータ駆動を開始可能となる。ところが、各マイコンが実施するイニシャルチェックの終了タイミングにずれが生じると、各系統のモータ駆動開始タイミングがずれるおそれがある。

10

【 0 0 0 8 】

本発明は上述の課題に鑑みて成されたものであり、その目的は、複数のマイコンの起動後、イニシャルチェックの終了タイミングのずれにかかわらず、複数系統のモータ駆動開始タイミングを同期させるモータ制御装置を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

さらに本発明の目的は、そのモータ制御装置を備えるモータ駆動システム、及び、そのモータ制御装置によるモータ制御方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明のモータ制御装置は、複数の巻線組（ 8 0 1、 8 0 2 ）を有するモータ（ 8 0 ）の駆動を制御する。このモータ制御装置は、複数の電力変換器（ 6 0 1、 6 0 2 ）と、複数のマイコン（ 4 0 1、 4 0 2 ）と、を備える。複数の電力変換器は、複数の巻線組に対応して設けられ、一つ以上の電源（ 1 1、 1 1 1、 1 1 2 ）から入力された電力を変換して複数の巻線組に供給する。複数のマイコンは、複数の電力変換器に対応して設けられ、各電力変換器に指令する駆動信号を演算する。

【 0 0 1 1 】

巻線組、電力変換器及びマイコンを含む構成要素の単位を「系統」と定義する。複数のマイコンは、起動時にマイコンの演算を同期させ、起動後に、自系統の構成要素についてイニシャルチェックを実施する。

30

【 0 0 1 2 】

複数のマイコンは、イニシャルチェックで異常判定された系統によるモータ駆動を禁止する。また、複数のマイコンは、イニシャルチェックで二つ以上の系統が正常判定されたとき、正常判定された二つ以上の系統でタイミングを同期させてモータ駆動を開始する。

【 0 0 1 3 】

すなわち、イニシャルチェックで先に正常判定された系統のマイコンは、その後、他系統が正常判定されるのを待ってから他系統のマイコンと同期してモータ駆動を開始する。したがって、モータ駆動開始タイミングのずれに起因する指令値の乖離によって生じる誤判定等を防止することができる。また、複数系統を同時に動作させる前提での制御やフェイルセーフ処理を適切に実施することができる。

40

【 0 0 1 4 】

また、本発明のモータ制御装置は、イニシャルチェックの期間において、所定の基本診断時間の経過時に複数のうち一部の系統が正常判定され、他の系統が診断未了である場合、基本診断時間内に正常判定された系統である先行系統のみでモータ駆動を開始する。

【 0 0 1 5 】

さらに、基本診断時間の経過時に診断未了であった系統のうち、先行系統によるモータ駆動開始後、所定の延長診断時間内に正常判定された系統を後続系統とする。延長診断時

50

間内に正常判定されたとき、後続系統は先行系統に同期してモータ駆動を開始する。本発明のモータ制御装置は、延長診断時間が経過したとき、先行系統のみでのモータ駆動を継続し、後続系統が先行系統に同期してモータ駆動する可能性が消失する。

【0016】

また、上記のモータ制御装置によるモータ制御方法が提供される。これにより、上記のモータ制御装置と同様の作用効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】各実施形態のECUが機電一体式のモータ駆動システムとして適用される電動パワーステアリング装置の構成図。

10

【図2】各実施形態のECUが機電別体式のモータ駆動システムとして適用される電動パワーステアリング装置の構成図。

【図3】二系統機電一体式モータの軸方向断面図。

【図4】図3のIV-IV線断面図。

【図5】多相同軸モータの構成を示す模式図。

【図6】第1実施形態によるECU(モータ制御装置)の全体構成図。

【図7】第1実施形態によるECU(モータ制御装置)の制御ブロック図。

【図8】第1実施形態による起動時処理のタイムチャート(1)。

【図9】第1実施形態による起動時処理のタイムチャート(2)。

【図10】第1実施形態による起動時処理のタイムチャート(3)。

20

【図11】第1実施形態による起動時処理のフローチャート(1)。

【図12】第1実施形態による起動時処理のフローチャート(2)。

【図13】第2実施形態による起動時処理のフローチャート。

【図14】第3実施形態による起動時処理のタイムチャート。

【図15】第4実施形態によるECU(モータ制御装置)の全体構成図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、モータ制御装置の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。各実施形態において、「モータ制御装置」としてのECUは、車両の電動パワーステアリング装置に適用され、操舵アシストトルクを出力するモータの通電を制御する。また、ECU及びモータにより「モータ駆動システム」が構成される。複数の実施形態で実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。以下の第1～第4実施形態を包括して「本実施形態」という。

30

【0019】

最初に、各実施形態に共通する事項として、適用される電動パワーステアリング装置の構成、モータの構成等について、図1～図4を参照して説明する。図1、図2に、電動パワーステアリング装置90を含むステアリングシステム99の全体構成を示す。図1には、ECU10がモータ80の軸方向の一方側に一体に構成されている「機電一体式」の構成が図示され、図2には、ECU10とモータ80とがハーネスで接続された「機電別体式」の構成が図示される。なお、図1、図2における電動パワーステアリング装置90は

40

コラムアシスト式であるが、ラックアシスト式の電動パワーステアリング装置にも同様に適用可能である。

【0020】

ステアリングシステム99は、ハンドル91、ステアリングシャフト92、ピニオンギア96、ラック軸97、車輪98、及び、電動パワーステアリング装置90等を含む。ハンドル91にはステアリングシャフト92が接続されている。ステアリングシャフト92の先端に設けられたピニオンギア96は、ラック軸97に噛み合っている。ラック軸97の両端には、タイロッド等を介して一对の車輪98が設けられる。運転者がハンドル91を回転させると、ハンドル91に接続されたステアリングシャフト92が回転する。ステアリングシャフト92の回転運動は、ピニオンギア96によりラック軸97の直線運動に

50

変換され、ラック軸 97 の変位量に応じた角度に一对の車輪 98 が操舵される。

【0021】

電動パワーステアリング装置 90 は、操舵トルクセンサ 93、ECU10、モータ 80、及び、減速ギア 94 等を含む。操舵トルクセンサ 93 は、ステアリングシャフト 92 の途中に設けられ、運転者の操舵トルクを検出する。図 1、図 2 に示す形態では、二重化された操舵トルクセンサ 93 は、第 1 トルクセンサ 931 及び第 2 トルクセンサ 932 を含み、第 1 操舵トルク $t r q 1$ 及び第 2 操舵トルク $t r q 2$ を二重に検出する。操舵トルクセンサが冗長的に設けられない場合、一つの操舵トルク $t r q$ の検出値が二系統共通に用いられてもよい。

【0022】

ECU10 は、操舵トルク $t r q 1$ 、 $t r q 2$ に基づいて、モータ 80 が所望のアシストトルクを発生するようにモータ 80 の駆動を制御する。モータ 80 が出力したアシストトルクは、減速ギア 94 を介してステアリングシャフト 92 に伝達される。ECU10 は、回転角センサが検出したモータ 80 の電気角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 及び操舵トルクセンサ 93 が検出した操舵トルク $t r q 1$ 、 $t r q 2$ を取得する。ECU10 は、これらの情報や ECU10 内部で検出したモータ電流等の情報に基づき、モータ 80 の駆動を制御する。

【0023】

モータ 80 の軸方向の一方側に ECU10 が一体に構成された機電一体式モータ 800 の構成について、図 3、図 4 を参照して説明する。図 3 に示す形態では、ECU10 は、モータ 80 の出力側とは反対側において、シャフト 87 の軸 Ax に対して同軸に配置されている。なお、他の実施形態では、ECU10 は、モータ 80 の出力側において、モータ 80 と一体に構成されてもよい。モータ 80 は、三相ブラシレスモータであって、ステータ 840、ロータ 860、及びそれらを収容するハウジング 830 を備えている。

【0024】

ステータ 840 は、ハウジング 830 に固定されているステータコア 845 と、ステータコア 845 に組み付けられている二組の三相巻線組 801、802 とを有している。第 1 巻線組 801 を構成する各相巻線からは、リード線 851、853、855 が延び出している。第 2 巻線組 802 を構成する各相巻線からは、リード線 852、854、856 が延び出している。ロータ 860 は、リア軸受 835 及びフロント軸受 836 により支持されているシャフト 87 と、シャフト 87 が嵌入されたロータコア 865 とを有している。ロータ 860 は、ステータ 840 の内側に設けられており、ステータ 840 に対して相対回転可能である。シャフト 87 の一端には永久磁石 88 が設けられている。

【0025】

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 と、ケース 834 の一端に設けられているフロントフレームエンド 838 とを有している。ケース 834 及びフロントフレームエンド 838 は、ボルト等により互いに締結されている。各巻線組 801、802 のリード線 851、852 等は、リアフレームエンド 837 のリード線挿通孔 839 を挿通して ECU10 側に延び、基板 230 に接続されている。

【0026】

ECU10 は、カバー 21 と、カバー 21 に固定されているヒートシンク 22 と、ヒートシンク 22 に固定されている基板 230 と、基板 230 に実装されている各種の電子部品とを備えている。カバー 21 は、外部の衝撃から電子部品を保護したり、ECU10 内への埃や水等の浸入を防止したりする。カバー 21 は、外部からの給電ケーブルや信号ケーブルが外部接続用コネクタ部 214 と、カバー部 213 とを有している。外部接続用コネクタ部 214 の給電用端子 215、216 は、図示しない経路を經由して基板 230 に接続されている。

【0027】

基板 230 は、例えばプリント基板であり、リアフレームエンド 837 と対向する位置に設けられ、ヒートシンク 22 に固定されている。基板 230 には、二系統分の各電子部品が系統毎に独立して設けられており、完全冗長構成をなしている。本実施形態では基板

10

20

30

40

50

230は一枚であるが、他の実施形態では、二枚以上の基板を備えるようにしてもよい。基板230の二つの主面のうち、リアフレームエンド837に対向している面をモータ面237とし、その反対側の面、すなわちヒートシンク22に対向している面をカバー面238とする。

【0028】

モータ面237には、複数のスイッチング素子611-616、621-626、回転角センサ251、252、カスタムIC261、262等が実装されている。本実施形態では複数のスイッチング素子611-616、621-626は各システムについて6個であり、モータ駆動回路の三相上下アームを構成する。回転角センサ251、252は、シャフト87の先端に設けられた永久磁石88と対向するように配置される。カスタムIC261、262及びマイコン401、402は、ECU10の制御回路を有する。

10

【0029】

カバー面238には、マイコン401、402、コンデンサ281、282、及び、インダクタ271、272等が実装されている。特に、第1マイコン401及び第2マイコン402は、同一の基板230の同一側の面であるカバー面238に、所定間隔を空けて配置されている。コンデンサ281、282は、電源から入力された電力を平滑化し、また、スイッチング素子611-616、621-626のスイッチング動作等に起因するノイズの流出を防止する。インダクタ271、272は、コンデンサ281、282と共にフィルタ回路を構成する。

【0030】

20

図5、図6に示すように、ECU10の制御対象であるモータ80は、二組の三相巻線組801、802が同軸に設けられた三相ブラシレスモータである。巻線組801、802は、電気的特性が同等であり、例えば特許第5672278号公報の図3に参照されるように、共通のステータに互いに電気角30[deg]ずらして配置されている。

【0031】

(第1実施形態)

次にECU10の詳細構成について実施形態毎に説明する。第1実施形態のECUの符号を「101」、第4実施形態のECUの符号を「104」とする。ECU101、104はいずれも、二つの「電力変換器」としてのインバータ601、602、及び、二つのマイコン401、402を備える二系統のモータ制御装置であり、二組の巻線組801、802を有するモータ80に電力を供給する。ここで、巻線組、インバータ及びマイコンを含む構成要素の単位を「系統」と定義する。

30

【0032】

明細書中、必要に応じて、第1系統の構成要素又は信号には語頭に「第1」を付し、第2系統の構成要素又は信号には語頭に「第2」を付して区別する。各システムに共通の事項については「第1、第2」を付さず、まとめて記載する。また、スイッチング素子を除き、第1系統の構成要素又は信号の符号の末尾に「1」を付し、第2系統の構成要素又は信号の符号の末尾に「2」を付して記す。また、ある構成要素にとって、その構成要素が含まれる系統を「自系統」といい、他方の系統を「他系統」という。

【0033】

40

第1実施形態のECU101と第4実施形態のECU104とは、インバータ601、602及びマイコン401、402に接続されるバッテリー等の電源の数が異なる。図6に示すように、第1実施形態のECU101は、二つの電源111、112から各システムに電力供給される。一方、図15に示すように、第4実施形態のECU104は、共通の一つの電源11から分岐して各システムに電力供給される。まず、二つの電源111、112を有するシステムに適用される第1実施形態のECU101の構成及び作用効果について順に説明する。

【0034】

図6にECU101の全体構成を示す。ECU101は、インバータ601、602、電源リレー141、142、マイコン401、402、及び、電流センサ741、742

50

等を備えている。

【0035】

インバータ601、602は、それぞれ、例えばMOSFET等の6つのスイッチング素子611-616、621-626がブリッジ接続されている。第1インバータ601は、第1マイコン401からの駆動信号によりスイッチング動作し、第1電源111の直流電力を変換して、第1巻線組801に供給する。第2インバータ602は、第2マイコン402からの駆動信号によりスイッチング動作し、第2電源112の直流電力を変換して、第2巻線組802に供給する。

【0036】

インバータ601、602の各入力部の電源ラインには、電源リレー141、142が設けられている。図6に例示する電源リレー141、142は、寄生ダイオードが互いに反対向きの二つのスイッチング素子が直列接続された、電源逆接続時の保護機能を含むものである。ただし、電源リレーは、逆接続防止機能を含まない一つのスイッチング素子や機械式リレーで構成されてもよい。また、インバータ601、602の入力部には、平滑コンデンサ281、282が設けられている。

10

【0037】

第1電流センサ741は、第1系統のインバータ601及び巻線組801の各相に通電される電流 I_{m1} を検出し、第1マイコン401に出力する。第2電流センサ742は、第2系統のインバータ602及び巻線組802の各相に通電される電流 I_{m2} を検出し、第2マイコン402に出力する。

20

【0038】

第1回転角センサ251は、モータ80の電気角 θ_1 を検出し、第1マイコン401に出力する。第2回転角センサ252は、モータ80の電気角 θ_2 を検出し、第2マイコン402に出力する。なお、回転角センサが冗長的に設けられない場合、例えば第1回転角センサ251が検出した第1系統の電気角 θ_1 に基づき、第2系統の電気角 θ_2 を「 $\theta_2 = \theta_1 + 30 \text{ deg}$ 」の式により算出してもよい。

【0039】

図6には、操舵トルクセンサ93からマイコン401、402に入力される操舵トルク t_{rq1} 、 t_{rq2} の図示を省略する。第1マイコン401は、操舵トルク t_{rq1} 、及び、電流 I_{m1} 、回転角 θ_1 等のフィードバック情報に基づいて、第1インバータ601に指令する駆動信号を演算する。第2マイコン402は、操舵トルク t_{rq2} 、及び、電流 I_{m2} 、回転角 θ_2 等のフィードバック情報に基づいて、第2インバータ602に指令する駆動信号を演算する。

30

【0040】

図7に、ECU101のより詳しい制御構成を示す。図7において、第1系統と第2系統とは、全て独立した2組の要素群から構成されており、いわゆる「完全二系統」の冗長構成をなしている。

【0041】

ECU101の第1コネクタ部351には、第1電源コネクタ131、第1車両通信コネクタ311、及び、第1トルクコネクタ331が含まれる。第2コネクタ部352には、第2電源コネクタ132、第2車両通信コネクタ312、及び、第2トルクコネクタ332が含まれる。コネクタ部351、352は、それぞれ単一のコネクタとして形成されていてもよいし、複数のコネクタに分割されていてもよい。

40

【0042】

第1電源コネクタ131は、第1電源111に接続される。第1電源111の電力は、電源コネクタ131、電源リレー141及び第1インバータ601を経由して、第1巻線組801に供給される。また、第1電源111の電力は、第1マイコン401及び第1系統のセンサ類にも供給される。

【0043】

第2電源コネクタ132は、第2電源112に接続される。第2電源112の電力は、

50

電源コネクタ 1 3 2、電源リレー 1 4 2 及び第 2 インバータ 6 0 2 を経由して、第 2 巻線組 8 0 2 に供給される。また、第 2 電源 1 1 2 の電力は、第 2 マイコン 4 0 2 及び第 2 系統のセンサ類にも供給される。

【 0 0 4 4 】

車両通信ネットワークとして C A N が冗長的に設けられる場合、第 1 車両通信コネクタ 3 1 1 は、第 1 C A N 3 0 1 と第 1 車両通信回路 3 2 1 との間に接続される。第 2 車両通信コネクタ 3 1 2 は、第 2 C A N 3 0 2 と第 2 車両通信回路 3 2 2 との間に接続される。C A N が冗長的に設けられない場合、二系統の車両通信コネクタ 3 1 1、3 1 2 は、共通の C A N 3 0 に接続されてもよい。また、C A N 以外の車両通信ネットワークとして、C A N - F D (C A N with Flexible Data rate) や F l e x R a y 等、どのような規格のネットワークが用いられてもよい。車両通信回路 3 2 1、3 2 2 は、自系統及び他系統の各マイコン 4 0 1、4 0 2 との間で双方向に情報を通信する。

10

【 0 0 4 5 】

第 1 トルクコネクタ 3 3 1 は、第 1 トルクセンサ 9 3 1 と第 1 トルクセンサ入力回路 3 4 1 との間に接続される。第 1 トルクセンサ入力回路 3 4 1 は、第 1 トルクコネクタ 3 3 1 が検出した操舵トルク $t r q 1$ を第 1 マイコン 4 0 1 に通知する。第 2 トルクコネクタ 3 3 2 は、第 2 トルクセンサ 9 3 2 と第 2 トルクセンサ入力回路 3 4 2 との間に接続される。第 2 トルクセンサ入力回路 3 4 2 は、第 2 トルクコネクタ 3 3 2 が検出した操舵トルク $t r q 2$ を第 2 マイコン 4 0 2 に通知する。

【 0 0 4 6 】

マイコン 4 0 1、4 0 2 における各処理は、R O M 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録媒体）に予め記憶されたプログラムを C P U 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。

20

【 0 0 4 7 】

第 1 マイコン 4 0 1 は、第 1 インバータ 6 0 1 のスイッチング動作を操作する駆動信号を演算し、第 1 インバータ 6 0 1 に指令する。また、第 1 マイコン 4 0 1 は、第 1 電源リレー 1 4 1 の開閉を制御する。第 2 マイコン 4 0 2 は、第 2 インバータ 6 0 2 のスイッチング動作を操作する駆動信号を演算し、第 2 インバータ 6 0 2 に指令する。また、第 2 マイコン 4 0 2 は、第 2 電源リレー 1 4 2 の開閉を制御する。

30

【 0 0 4 8 】

マイコン 4 0 1、4 0 2 は、マイコン間通信により、相互に情報を送受信可能である。特に本実施形態では、マイコン 4 0 1、4 0 2 は、イニシャルチェックの診断情報をマイコン間通信により相互に送受信する。そして、両系統が正常判定されると、マイコン 4 0 1、4 0 2 は、二系統を同期してモータ 8 0 を駆動開始することにより、電動パワーステアリング装置 9 0 におけるアシストを開始する。つまり、本実施形態のマイコン 4 0 1、4 0 2 は、特に「アシスト開始判定部」としての機能を有する。イニシャルチェック及びアシスト開始判定の詳細に関しては後述する。

【 0 0 4 9 】

以上のように二つの電源 1 1 1、1 1 2 を備えるシステムに適用される二系統の E C U 1 0 1 に関し、ここからは、電源オン後にマイコン 4 0 1、4 0 2 が起動し、モータ 8 0 の起動を開始するまでの起動時処理について詳しく説明する。二つの電源 1 1 1、1 1 2 は、理想的には同時にオンされることが好ましい。しかし、各種の要因により、第 1 電源 1 1 1 及び第 2 電源 1 1 2 のオンタイミングがずれる可能性が想定される。

40

【 0 0 5 0 】

第 1 電源 1 1 1 及び第 2 電源 1 1 2 のオンタイミングがずれた場合の第 1 実施形態による起動時処理の例について、図 8、図 9、図 1 0 のタイムチャートを参照して説明する。この例では、第 1 電源 1 1 1 が先にオンし、遅れて第 2 電源 1 1 2 がオンする。電源オン後、各マイコン 4 0 1、4 0 2 は、起動シーケンスを経て、各系統の構成部品、特にモータ駆動制御を行うために重要な部品が正常であることを判定するためイニシャルチェック

50

を実施する。

【0051】

具体的にイニシャルチェックの診断対象には、インバータ601、602を構成するスイッチング素子611-616、621-626が含まれることが好ましい。スイッチング素子611-616、621-626が指令通りに動作し、各巻線組801、802に所望の交流電力を供給することは、モータ駆動制御における最低限の基本機能である。

【0052】

また、電源リレー141、142は、インバータ601、602の入力部に設けられ、電源111、112からインバータ601、602への電力供給を遮断可能である。仮に電力供給系の異常が検出された場合、安全上の観点から電源リレー141、142により確実に電流を遮断することが重要である。すなわち、電源リレー141、142が正常であることが保証されてこそ、通電を開始することができる。したがって、イニシャルチェックの診断対象には、スイッチング素子611-616、621-626又は電源リレー141、142の少なくとも一方が含まれることが好ましい。

【0053】

また、イニシャルチェックに使用されるセンサ値を出力するセンサは、その判定以前に正常であることが確認されている必要がある。例えば検出電流やモータ回転数に基づいてイニシャルチェックが実施される場合、先に電流センサ741、742及び回転角センサ251、252のチェックを済ませておくことが好ましい。

【0054】

第1実施形態では原則として、各診断対象は、同仕様のものが同数、システム毎に冗長的に設けられており、各マイコン401、402によるイニシャルチェック処理量は等しい。したがって、特にマイコン間で演算開始の同期を取るようになれば、理想的にはイニシャルチェックの時間はばらつかない。しかし、次のような要因により、各マイコン401、402によるイニシャルチェックの時間がばらつく可能性が考えられる。

【0055】

(1)リレーのオン/オフ等により電圧の上昇/低下を待つ場合、回路の素子パラメータ次第で時間がずれる。例えば、5ms周期で判定する場合、第1システムのオン後、判定値までに4.9msで到達し、第2システムのオン後、判定値までに5.1msで到達すると、判定時間がずれる。(2)電源電圧の違いにより、コンデンサ等の充電時間に数十~数百msオーダーの差が生じる。

【0056】

本実施形態では、各マイコン401、402によるイニシャルチェックの診断情報、すなわち、診断が未了か終了したか、診断結果が正常か異常かの情報は、マイコン間通信により相互に送受信される。図8~図10にて、マイコン間通信が行われている期間を端部の尖った帯状の図形で示す。マイコン間通信によりタイミング情報を共有することで、各マイコン401、402は処理を同期させることができる。また、各システムの異常情報を送受信することで、状況に応じて二系統駆動と一系統駆動とを切り替え、適切な駆動が可能となる。なお、マイコン401、402間の通信手段は、マイコン間通信以外にも、簡易でコストの低い「1/0」のデジタルポート出力を用いてもよい。また、CAN通信や専用信号線を用いてもよい。

【0057】

さらに、各マイコン401、402による演算の同期について補足する。各マイコン401、402は、起動時にマイコンの演算、具体的にはマイコン間通信、センシング系、安定性等に関する演算を同期させることが好ましい。マイコン間通信は、同期することを前提に処理が設計されていると、通信不成立になったり、意図せぬ動作が起きたりする。また、一方の系統が1周期古いデータを使う場合が生ずる。センシング系の演算は、同期していないと、時間ずれの値を使用することとなる。安定性に関して、特に電動パワーステアリング装置は非常に不安定な系であるため、安定化制御が必須である。非同期や遅れが発生すると、意図した安定性が保証されない。最悪の場合、制御が破綻して予期せぬ動

10

20

30

40

50

作が起こるおそれがある。

【 0 0 5 8 】

図 8 ~ 図 1 0 の説明に戻る。マイコン 4 0 1、4 0 2 は、イニシャルチェック実施後、その結果に応じて、二系統又は一系統でのモータ駆動を開始する。或いは、現実に可能性は低いですが、両系統とも異常判定された場合には駆動を中止する。以下、「アシスト開始」は「モータ駆動開始」と同じ意味で用いられ、「診断」は「イニシャルチェック」と同じ意味で用いられる。また、タイムチャート及びフローチャートの説明において、「第 1 電源 1 1 1」、「第 2 電源 1 1 2」、「第 1 マイコン 4 0 1」、「第 2 マイコン 4 0 2」等の符号の記載を適宜省略する。

【 0 0 5 9 】

図 8 ~ 図 1 0 の例ではいずれも、第 1 マイコンによるイニシャルチェックが正常判定により先に終了する。また、図 8、図 9 の例では、第 2 マイコンによるイニシャルチェックが、第 1 マイコンより遅れるものの、最終的には正常判定で終了する。図 1 0 の例では、第 2 マイコンによるイニシャルチェックは、説明の範囲内で最終的に未了である。なお、タイムチャートに図示しないが、イニシャルチェックで異常判定された場合、異常判定された系統は、その時点で駆動停止と判断される。

【 0 0 6 0 】

図 8 に示すように、時刻 $t 1 a$ に第 1 電源がオンされ、第 1 マイコンの起動シーケンスが開始される。時刻 $t 1 b$ に起動シーケンスが終了し、第 1 マイコンは第 1 系統のイニシャルチェックを開始する。時刻 $t 1 c$ に第 1 マイコンは第 1 系統のイニシャルチェックを正常判定により終了する。時刻 $t 1 c$ 以後、第 1 系統によるアシスト開始が OK の状態となる。

【 0 0 6 1 】

一方、時刻 $t 1 a$ より遅れた時刻 $t 2 a$ に第 2 電源がオンされ、第 2 マイコンの起動シーケンスが開始される。第 2 マイコンは、時刻 $t 1 b$ より遅れた時刻 $t 2 b$ に第 2 系統のイニシャルチェックを開始し、時刻 $t 1 c$ より遅れた時刻 $t 2 c$ に第 2 系統のイニシャルチェックを正常判定により終了する。ここで、時刻 $t 2 c$ は、図 9 の例で説明する基本診断時間内の時刻である。時刻 $t 2 c$ 以後、第 2 系統によるアシスト開始が OK の状態となる。

【 0 0 6 2 】

第 1 マイコンのイニシャルチェックが終了した時刻 $t 1 c$ から第 2 マイコンのイニシャルチェックが終了する時刻 $t 2 c$ までの間、マイコン間通信において、第 1 マイコンからは「アシスト開始 OK」、第 2 マイコンからは「診断未了」の信号が送信される。診断未了とは、アシスト開始 NG であることを意味する。このとき、第 1 マイコンは単独でアシスト開始することなく、第 2 マイコンの診断終了を待つ。

【 0 0 6 3 】

その後、時刻 $t 2 c$ を過ぎると、マイコン間通信において、第 1 マイコン及び第 2 マイコンの双方から「アシスト開始 OK」の信号が送信される。これにより、第 1 マイコン及び第 2 マイコンは、自系統及び他系統がアシスト開始 OK の状態であることを認識する。そして、第 1 マイコン及び第 2 マイコンは、同じ時刻 $t 1 d$ 、 $t 2 d$ に同期して二系統でのモータ駆動を開始する。

【 0 0 6 4 】

次に図 9 において、第 1 マイコンに関する時刻 $t 1 a$ 、 $t 1 b$ 、 $t 1 c$ の動作、及び、第 2 マイコンに関する時刻 $t 2 a$ 、 $t 2 b$ の動作は図 8 と同じである。ただし、図 9 の例では、第 2 マイコンのイニシャルチェックが終了する時刻 $t 2 c$ は、「基本診断時間」の経過後である。ここで、基本診断時間とは、先にイニシャルチェックが終了した第 1 マイコンが、自系統のアシスト開始前に第 2 マイコンによるイニシャルチェックの診断終了を待つ上限時間である。

【 0 0 6 5 】

図 9 の例では、第 1 マイコンのイニシャルチェック開始時である時刻 $t 1 b$ から基本診

10

20

30

40

50

断時間が起算される。その他、第1マイコンのイニシャルチェック終了時である時刻 t_{1c} 、或いは、後続の第2マイコンのイニシャルチェック開始時である時刻 t_{2b} 等を基本診断時間の起算時としてもよい。すなわち、基本診断時間は、少なくともイニシャルチェックの期間に設定されればよい。例えば時刻 t_{1c} を基本診断時間の起算時とする場合、第1マイコンは、起算と同時に、基本診断時間内に正常判定されたものと解釈される。

【0066】

時刻 t_{1c} から基本診断時間の経過時である時刻 t_{1e} までの間、マイコン間通信において、第1マイコンからは「アシスト開始OK」、第2マイコンからは「診断未了」の信号が送信される。この状態のまま時刻 t_{1e} に達すると、第2マイコンのイニシャルチェックは、基本診断時間に対して「タイムアウト」と判定される。そこで、時刻 t_{1e} に第1マイコンは、正常判定された第1系統の一系統のみでモータ駆動を開始する。この例では、駆動を開始した第1系統を「先行系統」という。なお、この時点で、タイムアウトとなった第2系統を故障とみなし、故障通知等の処置を取るようにしてもよい。ただし、図9の例では、時刻 t_{1e} からさらに「延長診断時間」が設定される。延長診断時間とは、先行系統である第1系統の一系統駆動開始後、さらに第1マイコンが第2マイコンによるイニシャルチェックの診断終了を待つ上限時間である。

【0067】

図9において、第2マイコンは、時刻 t_{1e} 後、延長診断時間内の時刻 t_{2c} にイニシャルチェックを正常判定により終了する。この例では、延長診断時間内に正常判定された2系統を「後続系統」という。その後、時刻 t_{2c} から時刻 t_{2d} までの間、マイコン間通信において、第2マイコンから「アシスト開始OK」の信号が送信される。すると、第1マイコン及び第2マイコンは、タイミング情報を相互に送受信しつつ、時刻 t_{2d} に同期して二系統でのモータ駆動を開始する。これにより、先行系統である第1系統の一系統駆動モードから、先行系統である第1系統、及び、後続系統である第2系統による二系統駆動モードに移行する。

【0068】

図10の例では、図9の例に対し、延長診断時間の経過時である時刻 t_{1f} になお第2マイコンは診断未了である。そのため、第2マイコンのイニシャルチェックは、延長診断時間に対しても「タイムアウト」と判定される。すなわち、時刻 t_{1f} の時点で、第2系統は駆動しないことが決定され、第1系統は、それ以後も一系統駆動を継続することが決定される。また、第2系統について、例えば故障通知等の処置が取られる。

【0069】

続いて、図11、図12のフローチャートを参照し、第1実施形態による起動時処理について説明する。図11は、図8、図9のタイムチャートに対応し、基本診断時間内から基本診断時間経過時にかけての処理を示す。図12は、図9、図10のタイムチャートに対応し、基本診断時間の経過後、延長診断時間内から延長診断時間経過時にかけての処理を示す。また、図8～図10において第1マイコンがイニシャルチェックを行う第1系統を「自系統」とし、第2マイコンがイニシャルチェックを行う第2系統を「他系統」として説明する。以下のフローチャートの説明において記号「S」はステップを表す。

【0070】

図11では、自系統が基本診断時間内に他系統よりも先にイニシャルチェックで正常判定されることを前提とする。第1マイコンは、S13で、自系統が正常判定されたか否か判断し、S14で他系統が正常判定されたか否か判断する。基本診断時間内に自系統及び他系統が共に正常判定された場合、S13でYES、S14でYESと判定され、S15に移行し、第1マイコン及び第2マイコンは、同期して二系統駆動を開始する。

【0071】

自系統が正常判定された後のS14で他系統が正常判定されていない場合、NOと判定される。S14でNOの場合には、他系統が既に異常判定された場合と、診断未了のため正常か異常か不明である場合とが含まれる。S14でNOと判定されたとき、S16で、他系統が異常判定されたか、或いは、診断未了であるか判別される。他系統が異常判定さ

10

20

30

40

50

れており、S 1 6 で Y E S と判定された場合、S 1 9 s に移行し、第 1 マイコンは自系統での一系統駆動を開始する。

【 0 0 7 2 】

S 1 6 で他系統が診断未了であり、N O と判定された場合、S 1 7 で基本カウンタがインクリメントされた後、S 1 8 に移行する。S 1 8 では、基本カウンタが基本診断時間に達したか否か判断される。基本カウンタが基本診断時間に達しておらず、S 1 8 で N O と判定されると、S 1 4 の前に戻る。基本カウンタが基本診断時間に達すると、S 1 8 で Y E S と判定され、タイムアウトが成立する。この場合、S 1 9 s で第 1 マイコンは自系統での一系統駆動を開始する。

【 0 0 7 3 】

自系統である第 1 系統が先行系統として一系統駆動を開始したとき、後続系統である第 2 系統に対し延長カウンタがスタートする。図 1 2 では、このような状況を前提とする。S 2 3 では自系統が一系統駆動中である。第 1 マイコンは、S 2 4 で他系統が正常判定されたか否か判断する。延長診断時間内に他系統が正常判定された場合、S 2 4 で Y E S と判定され、S 2 5 に移行する。S 2 5 で第 2 マイコンは、先行して駆動している第 1 系統に同期して第 2 系統の駆動を開始する。こうして、第 1 系統のみの一系統駆動モードから第 1、2 系統の二系統駆動モードに移行する。

【 0 0 7 4 】

S 2 4 で他系統が正常判定されていない場合、N O と判定される。S 2 4 で N O の場合には、他系統が既に異常判定された場合と、診断未了のため正常か異常か不明である場合とが含まれる。S 2 4 で N O と判定されたとき、S 2 6 では、他系統が異常判定されたか、或いは、診断未了であるか判別される。他系統が異常判定され、S 2 6 で Y E S と判定された場合、S 2 9 に移行し、第 1 マイコンは自系統での一系統駆動を継続する。

【 0 0 7 5 】

S 2 6 で他系統が診断未了であり、N O と判定された場合、S 2 7 で延長カウンタがインクリメントされ、S 2 8 に移行する。S 2 8 では、延長カウンタが延長診断時間に達したか否か判断される。延長カウンタが延長診断時間に達しておらず、S 2 8 で N O と判定されると、S 2 4 の前に戻る。延長カウンタが延長診断時間に達すると、S 2 8 で Y E S と判定され、タイムアウトが成立する。この場合、S 2 9 で第 1 マイコンは自系統での一系統駆動を継続する。言い換えれば、二系統駆動モードに移行する可能性が消失する。

【 0 0 7 6 】

第 1 実施形態による起動時処理の効果について説明する。ここで、比較例として、イニシャルチェックが終了した系統から順に、時間差でアシストを開始する装置を想定する。この比較例では、モータ駆動を開始後のマイコンと開始前のマイコンとの間に指令値の乖離が生じ、両系統とも正常であるにもかかわらず、異常であると誤判定される可能性がある。また、二系統を同時に動作させる前提での制御やフェイルセーフ処理が正常に機能しない可能性がある。或いは、複数系統が同時に動作しない状況に対応する処置が必要となる。

【 0 0 7 7 】

それに対し、第 1 実施形態では、イニシャルチェックにおいて基本診断時間内に二系統が正常判定された場合、二系統が同期してアシスト開始する。したがって、アシスト開始タイミングのずれに起因する指令値の乖離によって生じる誤判定等を防止することができる。また、二系統を同時に動作させる前提での制御やフェイルセーフ処理を適切に実施することができる。特に系統毎に二つの電源 1 1 1、1 1 2 が設けられている E C U 1 0 1 では、電源オンタイミングのずれがイニシャルチェック終了タイミングのずれに影響する可能性が高いため、上記の起動時処理の効果が有効に発揮される。

【 0 0 7 8 】

また、第 1 実施形態では、イニシャルチェックにおいて基本診断時間及び延長診断時間の二段階のタイムアウトが設定される。基本診断時間のタイムアウトを設定することにより、自系統がイニシャルチェックで先に正常判定されたとき、他系統が正常判定されるの

10

20

30

40

50

をいつまでも待つことなく、一系統で先行してアシスト開始することができる。

【0079】

また、延長診断時間を設けることで、後続の他系統が基本診断時間経過時より少し遅れて正常判定された場合、一系統駆動モードから二系統駆動モードに移行し、アシスト性能を向上させることができる。さらに延長診断時間のタイムアウトを設定することにより、他系統の正常判定をいつまでも待つことなく、一系統駆動で継続することを決定し、制御を安定させることができる。

【0080】

なお、参考形態では、延長診断時間のタイムアウトを設定しないようにしてもよい。その場合、他系統が異常判定されない限り、イニシャルチェックの時間にかかわらず、他系統が正常判定された時点で一系統駆動モードから二系統駆動モードに移行する。

10

【0081】

(第2実施形態)

第2実施形態について、図13のフローチャートを参照して説明する。第2実施形態では、イニシャルチェックにおいて基本診断時間を設定せず、自系統及び他系統の正常判定又は異常判定がされるのを待って駆動モードを選択する。図11と同様に、第1マイコンがイニシャルチェックを行う第1系統を「自系統」とし、第2マイコンがイニシャルチェックを行う第2系統を「他系統」として説明する。図13において図11と実質的に同一のステップには同一のステップ番号を付す。また、前出のステップと同様のステップが繰

20

【0082】

S11、S12では、自系統及び他系統が異常判定されたか否か判断される。自系統及び他系統のいずれも異常判定されていないならば、S11でNO、S12でNOと判定される。S11又はS12でNOの場合には、自系統又は他系統が既に正常判定された場合と、診断未了のため正常か異常か不明である場合とが含まれる。後述のS11A、S12Aについても同様である。S14では、他系統が正常判定されたか、或いは診断未了であるか判別され、S13では、他系統が正常判定されたか、或いは診断未了であるか判別される。他系統及び自系統が正常判定されており、S14でYES、且つ、S13でYESと判定されると、S15に移行し、第1、第2マイコンは同期して二系統駆動を開始する。

30

【0083】

S14で他系統が診断未了の場合、S12の前に戻り、S13で自系統が診断未了の場合、S11の前に戻る。なお、S11～S14のルーチンではS11とS12とは順不同であり、S13とS14とは順不同である。ただし、便宜上、図13のように記載する。例えばS13でNOと判定されてS11の前に戻った場合、既にS12のNO及びS14のYES、すなわち他系統の正常判定は決定しているため、2回目以降のループでは、S12及びS14をスキップしてよい。

【0084】

一方、S11で自系統が異常判定されるとS12Aに移行する。また、S12で他系統が異常判定されるとS11Aに移行する。S12Aで他系統が異常判定された場合、又は、S11Aで自系統が異常判定された場合、両系統が異常であるため、S20にてモータ駆動が中止される。他系統がS12Aで診断未了であり、S14Aで正常判定されると、S19oにて他系統の一系統駆動が開始される。自系統がS11Aで診断未了であり、S13Aで正常判定されると、S19sにて自系統の一系統駆動が開始される。

40

【0085】

第2実施形態においても、二系統がいずれも正常であるとき、第1、第2マイコンが同期して二系統駆動を開始する点は、第1実施形態と同様である。したがって、第1実施形態と同様に、指令値の乖離による誤判定防止や、二系統を同時に動作させる前提での制御、処理の実施可能化等の作用効果が得られる。

【0086】

50

(第3実施形態)

第3実施形態について、図14のタイムチャートを参照して説明する。第3実施形態は第1実施形態に対し、各マイコンの起動シーケンスにおいてマイコン間のハンドシェイクを実施し、イニシャルチェックの開始タイミングを同期させる点が追加される。「ハンドシェイク」とは、第1マイコン及び第2マイコンが、イニシャルチェックを開始する準備ができていることを示すレディ信号を互いに送受信する処理をいう。レディ信号が正常に送受信されたとき「ハンドシェイクが成功した」と判定され、第1マイコン及び第2マイコンは、イニシャルチェックを同時に開始する。

【0087】

図14において、第1電源がオンされた時刻 t_{1a} 後、第1マイコンは、レディ信号 R0 を送信するが、この時点でまだ第2マイコンが起動されていないため、レディ信号 R0 は受信されない。その後、第1マイコンは再びレディ信号 R1 を送信する。この時点では第2マイコンは、レディ信号 R1 を正常に受信することができる。そして、第2マイコンからもレディ信号 R2 を送信する。第1マイコンがレディ信号 R2 を正常に受信することによりハンドシェイクが成功する。よって、第1マイコン及び第2マイコンは、同じ時刻 t_{1b} 、 t_{2b} に、同期してイニシャルチェックを開始する。

【0088】

ここで、2つのマイコンのうち、先にレディ信号を送信する側のマイコンと、相手マイコンからのレディ信号を受信した後、自マイコンのレディ信号をリターンするマイコンとの役割が予め分担されてもよい。或いは、2つのマイコンが対等にレディ信号を送受信可能、すなわち、いずれのマイコンも先にレディ信号を送信可能な構成としてもよい。

【0089】

また、レディ信号はマイコン間通信用の信号線を用いて通信されてもよく、他の専用線で通信されてもよい。例えばレディ信号は、各マイコンのタイマを同期させる同期信号の特定の波形を用いて生成されてもよく、その場合、レディ信号は、同期信号用の信号線を用いて通信されてもよい。或いは、ポート信号のレベルを変化させることで、レディ信号を通知するようにしてもよい。

【0090】

第3実施形態では、二系統の電源オンタイミングの時間差にかかわらず、各マイコンによるイニシャルチェックの開始タイミングを揃えることができる。したがって、各系統のイニシャルチェックの時間が多少ばらついたとしても、イニシャルチェック終了時点である時刻 t_{1c} と時刻 t_{2c} との時間差 T_{1c} を最小限に抑えられる可能性が高くなる。よって、基本診断時間内に二系統が同期してアシスト開始することができる可能性を高めることができる。

【0091】

(第4実施形態)

第4実施形態について、第1実施形態の図6に対応する図15を参照して説明する。第4実施形態の ECU104 は、共通の電源 11 から分岐された電力経路により、二系統のインバータ 601、602 及びマイコン 401、402 に電力が供給される。図15の例では、電力経路の分岐前に二系統に共通に平滑コンデンサ 28 が設けられているが、電力経路の分岐後に系統毎に平滑コンデンサが設けられてもよい。

【0092】

この構成の ECU104 は、二つの電源 111、112 が系統毎に設けられた第1実施形態に比べると、電源オンタイミングのずれは発生しにくい。しかし、電源経路の抵抗のばらつき、通信線の長さ、電源オン判定のずれ等の要因により、マイコン 401、402 の起動タイミングは厳密には一致しない。また、各マイコンによるイニシャルチェックの時間差は同様に生じ得る。さらに、例えば回路切替用のリレー 122 を用い、第2系統をバッテリー 11 に接続する場合と接続しない場合とを切り替える構成を想定する。この構成において切替リレー 122 のイニシャルチェックを第2マイコンが行うとすると、第1マイコン及び第2マイコンが担当するチェック対象の数が異なるため、イニシャルチェック

10

20

30

40

50

の時間にずれが生じる要因となる。したがって、第4実施形態の電源構成においても、上記実施形態と同様の作用効果が得られる。

【0093】

(その他の実施形態)

(a)本発明は、上記実施形態に例示した二系統の構成に限らず、三系統以上の構成にも同様に適用可能である。例えば、それぞれ第1、第2、第3マイコンを含む第1系統、第2系統、第3系統の三系統の構成を想定する。第1実施形態に準ずる形態では、第1系統及び第2系統が基本診断時間内に正常判定され、第3系統が基本診断時間の経過時に診断未了の場合、第1マイコン及び第2マイコンは、第1系統及び第2系統を先行系統として、二系統で同期してモータ駆動を開始する。この場合の二系統駆動モードは、全系統駆動モードではない「一部系統駆動モード」に相当する。その後、延長診断時間内に第3系統が正常判定された場合、第3系統は、先行系統に同期してモータ駆動を開始する。

10

【0094】

第2実施形態に準ずる形態では、例えば第3系統が異常判定され、第1系統及び第2系統が正常判定された場合、正常判定された第1系統及び第2系統の二系統で同期してモータ駆動を開始する。また、例えば第2系統及び第3系統が異常判定され、第1系統のみが正常判定された場合、第1系統の一系統のみでモータ駆動を開始する。このような動作により、二系統の構成と同様の作用効果が得られる。

【0095】

(b)上記実施形態の制御対象であるモータ80は、二組の巻線組801、802が共通のステータに互いに電気角30[deg]ずらして配置される多重巻線モータである。その他の実施形態で制御対象とされるモータは、二組以上の巻線組が同位相で配置されるものでもよい。また、二組以上の巻線組が一つのモータの共通のステータに配置される構成に限らず、例えば各巻線組が別々に巻回された複数のステータにより協働してトルクを出力する複数のモータに適用されてもよい。また、多相ブラシレスモータの相の数は、三相に限らず四相以上でもよい。さらに駆動対象のモータは、交流ブラシレスモータに限らず、ブラシ付き直流モータとしてもよい。その場合、「電力変換器」としてHブリッジ回路を用いてもよい。

20

【0096】

(c)本発明のモータ制御装置は、電動パワーステアリング装置の操舵アシストモータに限らず、他のいかなる用途のモータに適用されてもよい。

30

(d)本発明のイニシャルチェックは、例えば特開2015-55898号公報に示されるようなプログラムの完全性検証(セキュアブート)であってよい。

【0097】

以上、本発明はこのような実施形態に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、種々の形態で実施することができる。

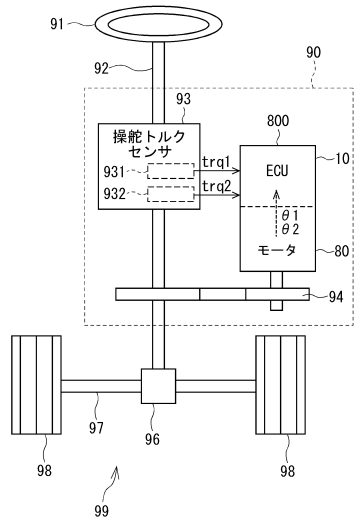
【符号の説明】

【0098】

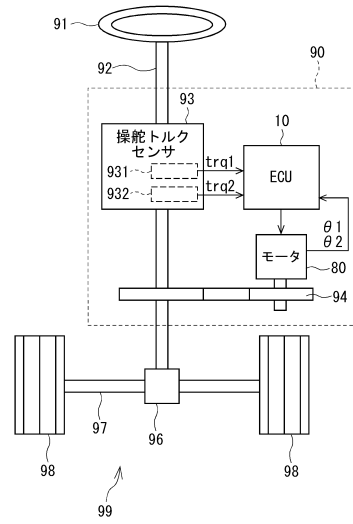
- 10、101、104・・・ECU(モータ制御装置)、
- 11・・・共通の電源、
- 111・・・第1電源、
- 112・・・第2電源、
- 401・・・第1マイコン、
- 402・・・第2マイコン、
- 601・・・第1インバータ(電力変換器)、
- 602・・・第2インバータ(電力変換器)、
- 80・・・モータ。

40

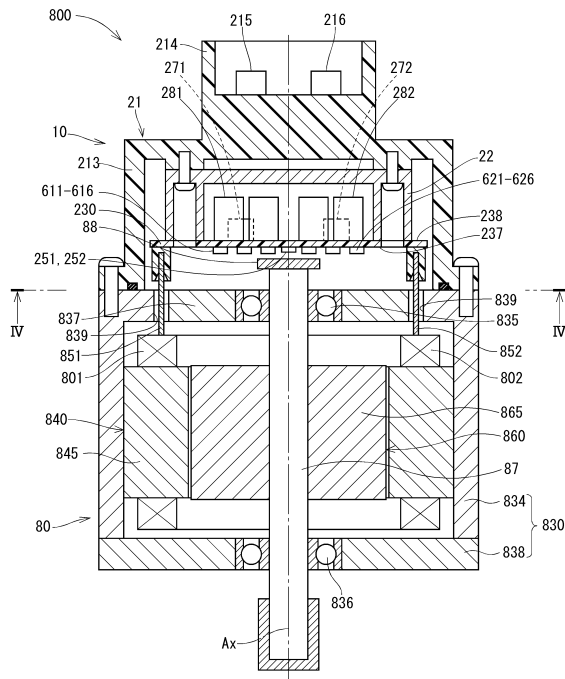
【図1】



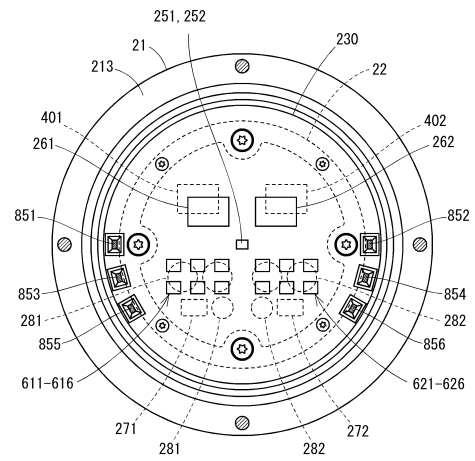
【図2】



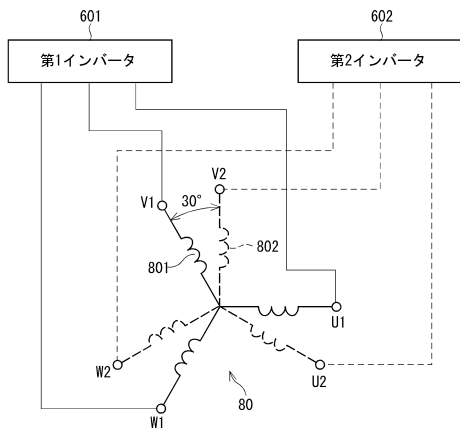
【図3】



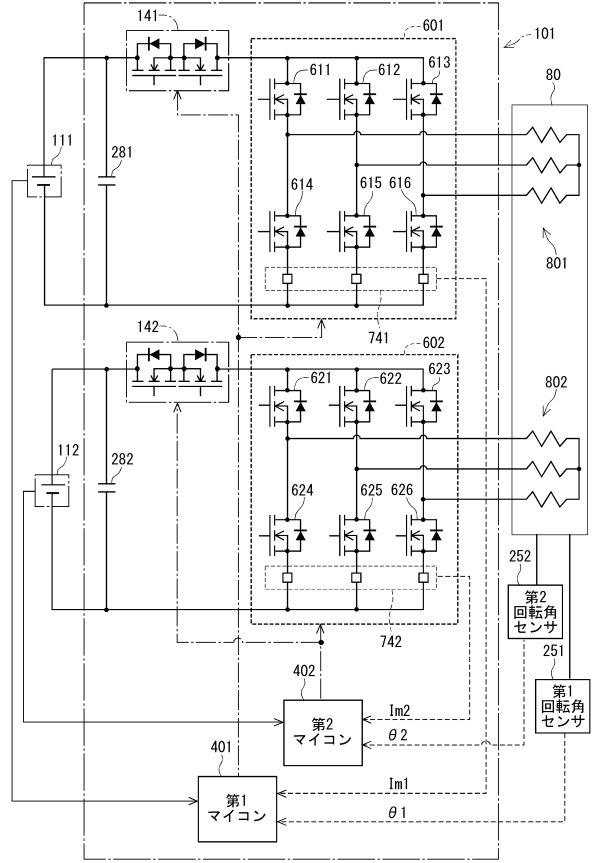
【図4】



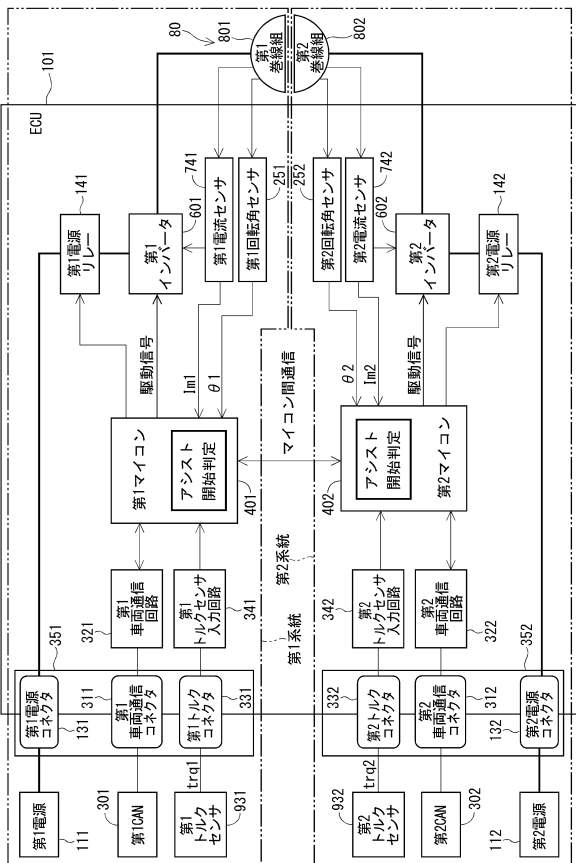
【図5】



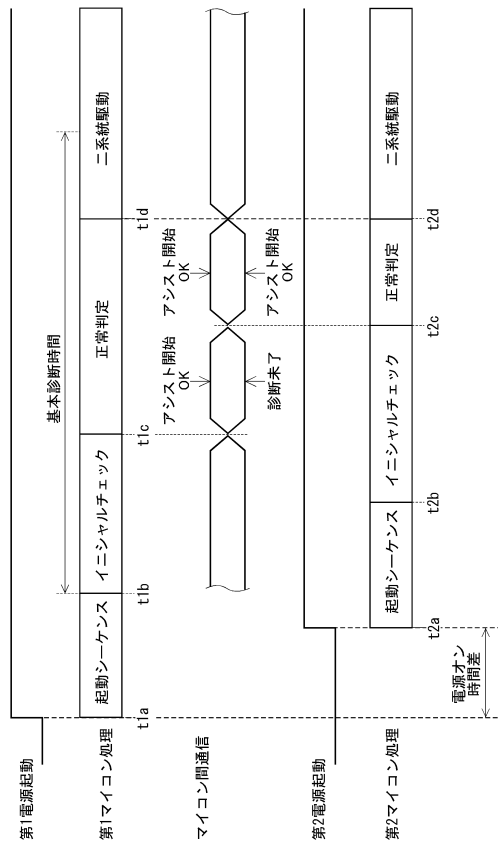
【図6】



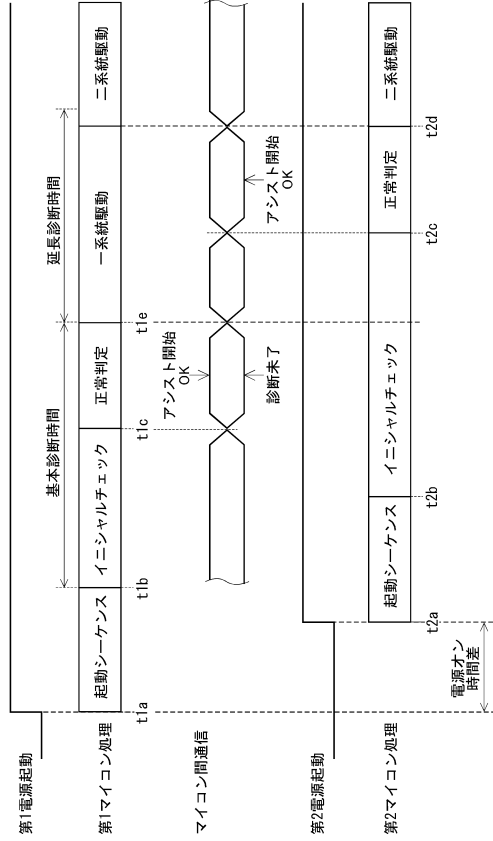
【図7】



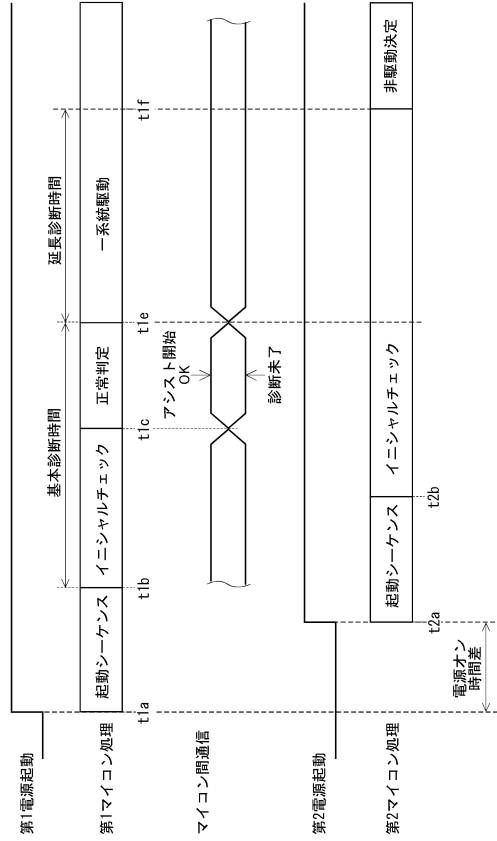
【図8】



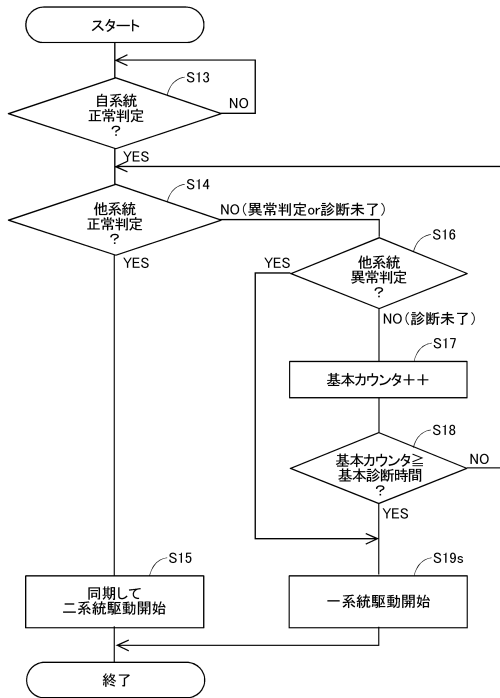
【図9】



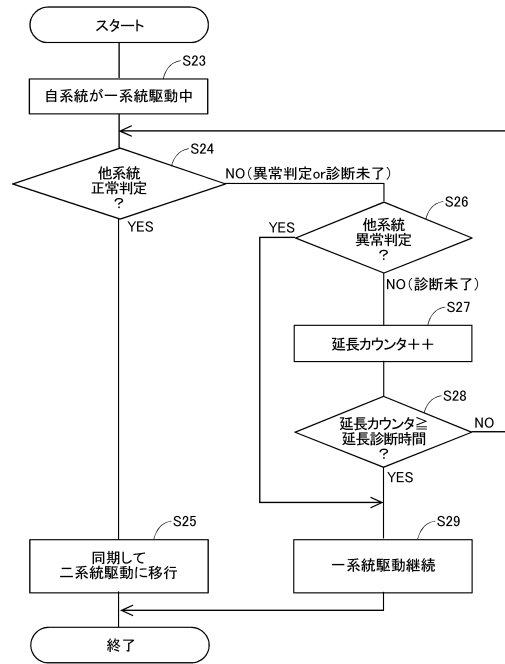
【図10】



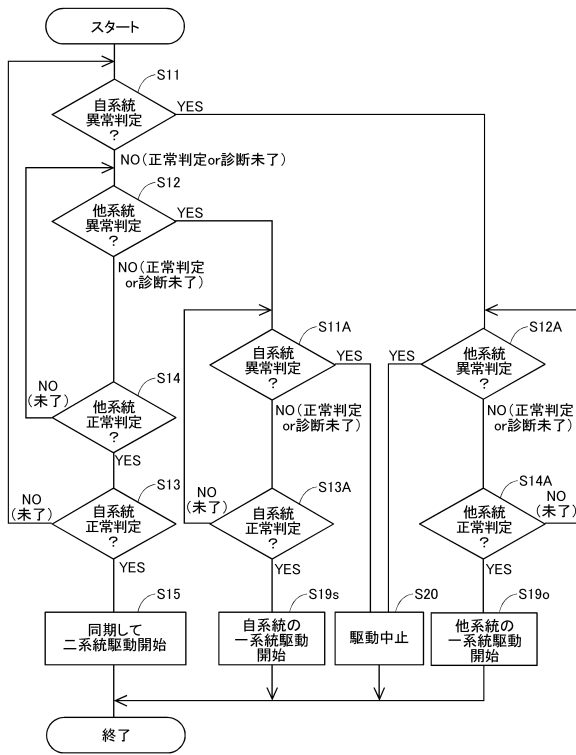
【図11】



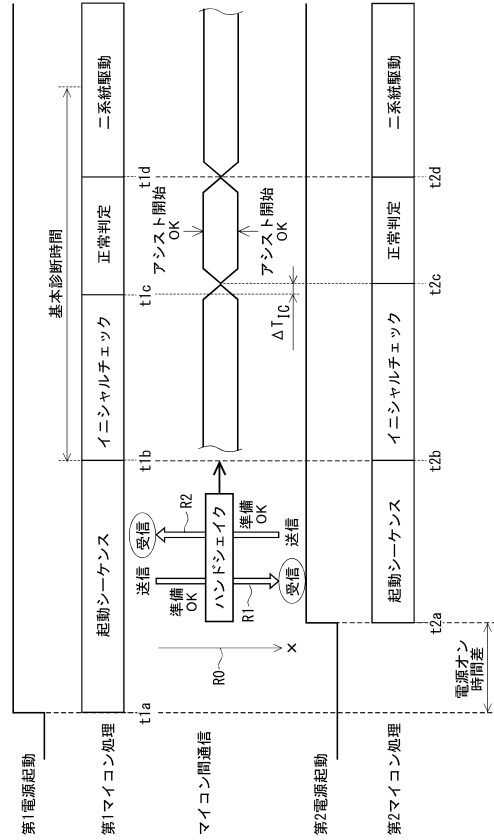
【図12】



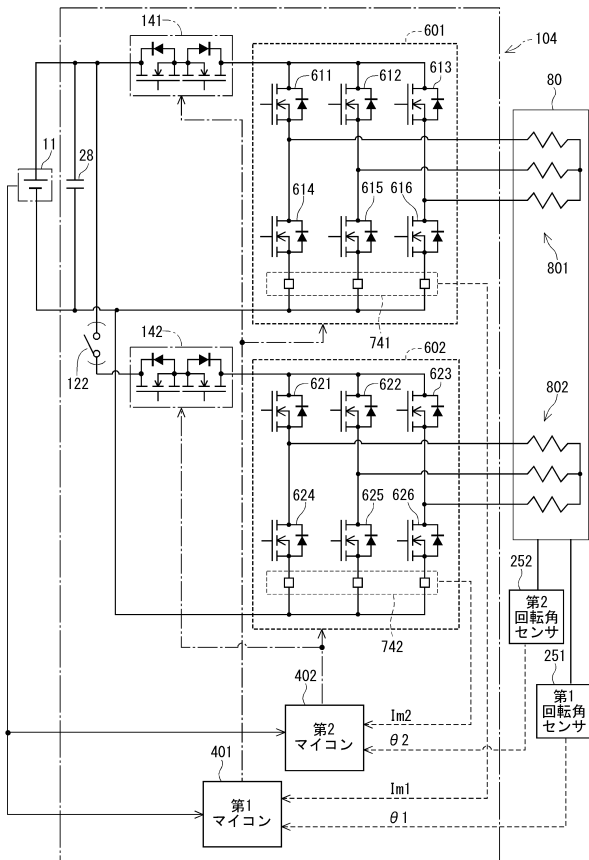
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 2 D 5/04

審査官 田村 恵里加

(56)参考文献 特開2017-169386(JP,A)
特開2015-061458(JP,A)
特開2017-169384(JP,A)
特開2014-093905(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 P 2 5 / 2 2 , 2 7 / 0 6
B 6 2 D 5 / 0 4 , 6 / 0 0