

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6701847号  
(P6701847)

(45) 発行日 令和2年5月27日 (2020.5.27)

(24) 登録日 令和2年5月11日 (2020.5.11)

(51) Int.Cl.	F I
H O 2 P 25/22 (2006.01)	H O 2 P 25/22
H O 2 P 29/028 (2016.01)	H O 2 P 29/028
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-53615 (P2016-53615)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成28年3月17日 (2016.3.17)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-169384 (P2017-169384A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成29年9月21日 (2017.9.21)	(74) 代理人	100093779
審査請求日	平成31年2月14日 (2019.2.14)		弁理士 服部 雅紀
		(72) 発明者	早川 友晴
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		審査官	上野 力

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の電動パワーステアリング装置（90）に適用され、所定の位相差の相電流が通電される複数の巻線組（801、802）が同軸に配置された操舵アシストモータ（80）の駆動を制御するモータ制御装置であって、

特定の前記巻線組への通電を制御する一群の構成要素の単位を系統と定義し、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し、他方の系統を他系統とすると、複数系統のうち少なくとも二系統について、

複数のスイッチング素子（611 - 616、621 - 626）の動作により対応する前記巻線組に電力を供給する第1電力変換器（61）及び第2電力変換器（62）と、

正常時、少なくとも自系統の前記電力変換器を駆動する駆動信号を生成する第1マイコン（21）及び第2マイコン（22）と、

前記第1マイコン及び前記第2マイコンの異常を個別に監視する第1監視回路（31）及び第2監視回路（32）と、

前記第1マイコン及び前記第2マイコンと前記第1電力変換器及び前記第2電力変換器との間に設けられ、前記電力変換器の前記複数のスイッチング素子に対応する複数の切替回路（411 - 416、421 - 426）を含み、自系統の前記マイコンが生成した内成駆動信号、及び、自系統の前記マイコン以外のマイコンが生成した外成駆動信号が入力され、自系統の前記マイコンからの選択信号に従って前記内成駆動信号又は前記外成駆動信号の一方を選択し、自系統の前記電力変換器に出力する第1切替回路群（41）及び第2

10

20

切替回路群（４２）と、  
を備え、

前記第１マイコン及び前記第２マイコンは、

自系統の前記切替回路群に対して出力する前記内成駆動信号を、他系統の前記切替回路群に対し、前記外成駆動信号として共通に出力し、

自系統の前記切替回路群に対し、当該マイコンの正常時に前記内成駆動信号を選択するように前記選択信号を出力し、自系統の前記監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、前記外成駆動信号を選択するように前記選択信号を出力し、

二系統の前記電力変換器による前記操舵アシストモータの駆動中に前記第１マイコン又は前記第２マイコンのいずれか一方が故障したとき、二系統の前記電力変換器による前記操舵アシストモータの駆動を継続するモータ制御装置。

10

【請求項２】

車両の電動パワーステアリング装置（９０）に適用され、所定の位相差の相電流が通電される複数の巻線組（８０１、８０２）が同軸に配置された操舵アシストモータ（８０）の駆動を制御するモータ制御装置であって、

特定の前記巻線組への通電を制御する一群の構成要素の単位を系統と定義し、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し、他方の系統を他系統とすると、

複数系統のうち少なくとも二系統について、

複数のスイッチング素子（６１１－６１６、６２１－６２６）の動作により対応する前記巻線組に電力を供給する第１電力変換器（６１）及び第２電力変換器（６２）と、

20

正常時、少なくとも自系統の前記電力変換器を駆動する駆動信号を生成する第１マイコン（２１）及び第２マイコン（２２）と、

前記第１マイコン及び前記第２マイコンの異常を個別に監視する第１監視回路（３１）及び第２監視回路（３２）と、

前記第１マイコン及び前記第２マイコンと前記第１電力変換器及び前記第２電力変換器との間に設けられ、前記電力変換器の前記複数のスイッチング素子に対応する複数の切替回路（４１１－４１６、４２１－４２６）を含み、自系統の前記マイコンが生成した内成駆動信号、及び、自系統の前記マイコン以外のマイコンが生成した外成駆動信号が入力され、自系統の前記マイコンからの選択信号に従って前記内成駆動信号又は前記外成駆動信号の一方を選択し、自系統の前記電力変換器に出力する第１切替回路群（４１）及び第２切替回路群（４２）と、

30

を備え、

前記第１マイコン及び前記第２マイコンは、

自系統の前記電力変換器を駆動する駆動信号とは別に、他系統の前記電力変換器を駆動する駆動信号を生成し、他系統の前記切替回路群に対し前記外成駆動信号として出力し、

自系統の前記切替回路群に対し、当該マイコンの正常時に前記内成駆動信号を選択するように前記選択信号を出力し、自系統の前記監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、前記外成駆動信号を選択するように前記選択信号を出力し、

二系統の前記電力変換器による前記操舵アシストモータの駆動中に前記第１マイコン又は前記第２マイコンのいずれか一方が故障したとき、二系統の前記電力変換器による前記操舵アシストモータの駆動を継続するモータ制御装置。

40

【請求項３】

前記第１切替回路群及び前記第２切替回路群を構成する複数の前記切替回路は、

前記選択信号として所定の電圧閾値を超える信号が入力されたときオンし、前記内成駆動信号が出力されるように動作する正スイッチ（４３）と、

前記選択信号として所定の電圧閾値未満であるハイインピーダンス状態の信号が入力されたときオンし、前記外成駆動信号が出力されるように動作する副スイッチ（４４）と、  
を有し、

前記第１マイコン及び前記第２マイコンは、

当該マイコンの正常時に前記正スイッチがオンするように前記選択信号を出力し、

50

自系統の前記監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、前記副スイッチがオンするように前記選択信号を出力する請求項 1 または 2 に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の巻線組を有するモータの駆動を制御するモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータ駆動システムにおいて、モータの巻線組や、巻線組に電力を供給する電力変換器の構成要素を冗長的に複数設け、一部の構成要素が故障した場合に、他の正常な構成要素により駆動を継続する技術が知られている。特に車両の主要機能に関連する装置では、想定されるあらゆる故障に対して、冗長化による信頼性の向上が求められている。

10

以下、特定の巻線組への通電を制御する一群の構成要素の単位を「系統」と定義する。従来、モータの二組の巻線組に対し、二系統の電力変換器から電力を供給する構成のモータ制御装置が多く用いられている。

【0003】

また、モータ制御装置とは別の分野では、信号伝送用ユニットが冗長化された装置が知られている。例えば特許文献 1 に開示された伝送装置は、ワークデータの伝送機能を共通に有する現用ユニット及び予備ユニットと、伝送経路を切り替える切替制御ユニットとを有している。現用ユニットにアラームが発生した場合、現用ユニットに代わって予備ユニットが機能する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 7 - 8 6 9 8 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

マイコンの故障に対応するべく、二つのマイコン及び二つのインバータを設け、各マイコンが生成した駆動信号に対応する電力変換器に出力するモータ制御装置を想定する。このようなモータ制御装置では、いずれかのマイコンが故障した場合、故障したマイコンを含む系統の電力変換器の動作を停止することとなる。すると、二系統のうち一系統のマイコンが故障した場合、残りの一系統のマイコンで制御を継続することは可能だとしても、二系統駆動から一系統駆動への切替時における出力トルクの急変等、動作の不連続性が問題となる場合がある。例えば電動パワーステアリング装置の操舵アシストモータの駆動システムでは、運転者に違和感を与えるおそれがある。

30

【0006】

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、複数のマイコンが冗長的に設けられたモータ制御装置において、いずれかのマイコンが故障したときモータ駆動を適切に継続するモータ制御装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、車両の電動パワーステアリング装置(90)に適用され、所定の位相差の相電流が通電される複数の巻線組(801、802)が同軸に配置された操舵アシストモータ(80)の駆動を制御するモータ制御装置に係る発明である。

最初に、特定の巻線組への通電を制御する一群の構成要素の単位を「系統」と定義し、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」とし、他方の系統を「他系統」とする。

本発明のモータ制御装置は、複数系統のうち少なくとも二系統について、第 1 電力変換器(61)及び第 2 電力変換器(62)と、第 1 マイコン(21)及び第 2 マイコン(2

50

２）と、第１監視回路（３１）及び第２監視回路（３２）と、第１切替回路群（４１）及び第２切替回路群（４２）とを備える。

【０００８】

第１電力変換器及び第２電力変換器は、複数のスイッチング素子（６１１－６１６、６２１－６２６）の動作により対応する巻線組に電力を供給する。

第１マイコン及び第２マイコンは、正常時、少なくとも自系統の電力変換器を駆動する駆動信号を生成する。第１監視回路及び第２監視回路は、第１マイコン及び第２マイコンの異常を個別に監視する。

【０００９】

第１切替回路群及び第２切替回路群は、第１マイコン及び第２マイコンと第１電力変換器及び第２電力変換器との間に設けられ、電力変換器の複数のスイッチング素子に対応する複数の切替回路（４１１－４１６、４２１－４２６）を含む。

第１切替回路群及び第２切替回路群は、「自系統のマイコンが生成した内成駆動信号」、及び、「自系統のマイコン以外のマイコンが生成した外成駆動信号」が入力され、自系統のマイコンからの選択信号に従って内成駆動信号又は外成駆動信号の一方を選択し、自系統の電力変換器に出力する。

【００１０】

本発明の第１の態様では、第１マイコン及び第２マイコンは、自系統の切替回路群に対して出力する内成駆動信号を、他系統の切替回路群に対し、外成駆動信号として共通に出力する。そして、自系統の切替回路群に対し、当該マイコンの正常時に内成駆動信号を選択するように選択信号を出力し、自系統の監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、外成駆動信号を選択するように選択信号を出力する。二系統の電力変換器による操舵アシストモータの駆動中に第１マイコン又は第２マイコンのいずれか一方が故障したとき、二系統の電力変換器による操舵アシストモータの駆動を継続する。

本発明の第２の態様では、第１マイコン及び第２マイコンは、自系統の電力変換器を駆動する駆動信号とは別に、他系統の電力変換器を駆動する駆動信号を生成し、他系統の切替回路群に対し外成駆動信号として出力する。そして、自系統の切替回路群に対し、当該マイコンの正常時に内成駆動信号を選択するように選択信号を出力し、自系統の監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、外成駆動信号を選択するように選択信号を出力する。二系統の電力変換器による操舵アシストモータの駆動中に第１マイコン又は第２マイコンのいずれか一方が故障したとき、二系統の電力変換器による操舵アシストモータの駆動を継続する。

これにより本発明では、二系統のうちいずれか一方のマイコンが故障したとき、故障した系統の切替回路群において外成駆動信号を選択することにより、両系統の電力変換器による操舵アシストモータの駆動を適切に継続することができる。よって、操舵アシストモータの出力トルクの急変等を回避し、運転者に違和感を与えることを防止することができる。

【００１１】

第１切替回路群及び第２切替回路群を構成する複数の切替回路は、好ましくは、正スイッチ（４３）及び副スイッチ（４４）を有する。

正スイッチは、選択信号として所定の電圧閾値を超える信号が入力されたときオンし、内成駆動信号が出力されるように動作する。

副スイッチは、選択信号として所定の電圧閾値未満であるハイインピーダンス状態の信号が入力されたときオンし、外成駆動信号が出力されるように動作する。

第１マイコン及び第２マイコンは、当該マイコンの正常時に正スイッチがオンするように選択信号を出力する。自系統の監視回路により当該マイコンの異常が検出されたとき、副スイッチがオンするように選択信号を出力する。

【００１２】

マイコンの異常時における制御切替に関し、二つのマイコンが相互に異常監視する周知技術では、制御切替の構成が複雑化し、切替にタイムラグが生じるという問題がある。

10

20

30

40

50

これに対し、本発明の好ましい形態では、マイコンの異常時にハイインピーダンス状態の信号を選択信号として出力するため、制御切替の構成が単純となり、速やかな切替が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1実施形態によるECU（モータ制御装置）の構成図。

【図2】各実施形態によるECUが適用される電動パワーステアリング装置の概略構成図。

【図3】図1の切替回路群、ドライバIC、及びインバータの詳細構成図。

【図4】各実施形態に共通の切替回路の構成図。

【図5】第1実施形態によるECUの動作を説明するタイムチャート。

【図6】第2実施形態によるECUの構成図。

【図7】第2実施形態によるECUの動作を説明するタイムチャート。

【図8】第3実施形態によるECUの構成図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

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発生するモータの通電を制御する。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。

【0015】

〔電動パワーステアリング装置の構成〕

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

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

【0016】

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対の車輪98が設けられる。運転者がハンドル91を回転させると、ハンドル91に接続されたステアリングシャフト92が回転する。ステアリングシャフト92の回転運動は、ピニオンギア96によりラック軸97の直線運動に変換され、ラック軸97の変位量に応じた角度に一対の車輪98が操舵される。

【0017】

電動パワーステアリング装置90は、操舵トルクセンサ93、ECU101、モータ80、及び、減速ギア94等を含む。各実施形態に共通するECUの説明では、代表として第1実施形態のECUの符号「101」を記す。

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Tsを検出する。ECU101は、操舵トルクTs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。

【0018】

図1に示すように、ECU101の制御対象であるモータ80は、二組の三相巻線組801、802を冗長的に有する三相ブラシレスモータである。第1巻線組801は、U相巻線811、V相巻線812、W相巻線813から構成され、第2巻線組802は、U相巻線821、V相巻線822、W相巻線823から構成されている。

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30degずらして配置されている。これに応じて、巻線組801、802には、例えば、振幅が等しく位相が30

10

20

30

40

50

deg ずれた相電流が通電されるように制御される。

【0019】

[ ECUの構成 ]

ECU101は、回転角センサ85が検出したモータ80の電気角、及び、操舵トルクセンサ93が検出した操舵トルクスを取得する。ECU101は、これらの情報やECU101内部で検出した相電流の情報に基づき、インバータ61、62から巻線組801、802への通電を制御することによりモータ80の駆動を制御する。両方のインバータ61、62を駆動し、両方の巻線組801、802に通電してモータ80を駆動することを「二系統駆動」という。また、いずれか一方のインバータを駆動し、対応する一方の巻線組に通電してモータ80を駆動することを「一系統駆動」という。

10

【0020】

従来、このような構成のECUでは、正常時は二系統でモータ80を駆動し、いずれか一方のインバータ61、62又は巻線組801、802が故障した場合、正常な一系統でモータ80を駆動するように制御を切り替える。これにより、一系統の故障時にも、電動パワーステアリング装置90の操舵アシスト機能を継続して発揮することができる。

【0021】

ところで、マイコンが故障した場合については、例えば外部監視ICがマイコンの異常を検出したときリセット信号を出力することにより、制御を停止するという処置が取られていた。この処置は、運転者の意思に反したステアリング制御やステアリングロックを防止する思想に基づくものである。しかし、操舵アシストモータの駆動を停止し、いわゆる「重ステ」状態とすることは、シチュエーションによっては不都合を招く。また、近年、高度に運転者を支援する自動運転システムにおいては、可能な限り制御継続が求められるようになってきている。

20

【0022】

このような背景から、本実施形態は、二組の巻線組801、802を有するモータ80の駆動を制御するECU101において、マイコンが故障した場合にもモータ80の駆動制御を適切に継続することを目的とするものである。

以下、各実施形態のECUの構成について実施形態毎に説明する。

【0023】

(第1実施形態)

第1実施形態について、図1、及び、図3～図5を参照して説明する。

30

図1に示すように、第1実施形態のECU101は、原則として第1巻線組801の通電を制御する第1系統、及び、原則として第2巻線組802の通電を制御する第2系統からなる二系統の構成を備えている。ここで、「原則として」と記載したのは、例外的に、第1系統のマイコン21により第2巻線組802の通電を制御する場合や、第2系統のマイコン22により第1巻線組801の通電を制御する場合があることを意味する。これらの例外的な動作については後述する。

【0024】

ECU101の各構成要素の名称について、適宜、第1系統の構成要素には接頭辞として「第1」を付し、第2系統の構成要素には接頭辞として「第2」を付して区別する。

40

ECU101の各構成要素の符号について、第1系統の構成要素には2桁目に「1」を付し、第2系統の構成要素には2桁目に「2」を付す。また、第1系統に係る信号記号には末尾に「1」を付し、第2系統に係る信号記号には末尾に「2」を付して区別する。

【0025】

ECU101は、第1系統の構成として、第1マイコン21、第1監視回路31、第1切替回路群41、第1ドライバIC51、第1インバータ61、及び電流センサ71を備えている。また、ECU101は、第2系統の構成として、第2マイコン22、第2監視回路32、第2切替回路群42、第2ドライバIC52、第2インバータ62、及び電流センサ72を備えている。第1インバータ61及び第2インバータ62は、特許請求の範囲に記載の「第1電力変換器及び第2電力変換器」に相当する。

50

各系統の構成は実質的に同等であるので、主に第 1 系統について説明し、第 2 系統については、適宜、重複する説明を省略する。また、注目する構成要素に対し、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。

【0026】

ECU101の第1マイコン21及び第2マイコン22には、電気角  $\theta$  及び操舵トルク  $T_s$  が入力されるが、これらの信号入力の図示を省略する。また、第1マイコン21は、第1電流センサ71からフィードバックされた第1系統の相電流  $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$ 、 $I_{w1}$  を取得する。第2マイコン22は、第2電流センサ72からフィードバックされた第2系統の相電流  $I_{u2}$ 、 $I_{v2}$ 、 $I_{w2}$  を取得する。

【0027】

図1では、電流センサ71、72として、系統毎に各相の電流センサをまとめて示す。電流センサ71、72は、インバータ61、62から巻線組801、802への電力経路上に設けられる構成に限らず、例えばインバータ61、62の下アームスイッチング素子とグラウンドとの間にシャント抵抗として設けられてもよい。また、三相のうち二相の電流のみを検出し、他の一相の電流をキルヒホッフの法則により算出してよい。

マイコン21、22は、これらの情報に基づいて、モータ80が所望のアシストトルクを出力するように、各系統のインバータ61、62を駆動する駆動信号を生成する。マイコン21、22は、同期して動作することが好ましい。

【0028】

三相交流モータ制御で一般的なベクトル制御において、電気角  $\theta$  は、固定座標系と回転座標系との座標変換に用いられる。なお、巻線組801、802を30degずらす構成では、第1系統では電気角  $\theta$  を用い、第2系統では、例えば電気角  $(\theta + 30)$  degを用いて座標変換する。

また、マイコン21、22は、例えば三相電圧指令をPWM変調することにより駆動信号を生成する。このような電流フィードバック制御、ベクトル制御、PWM制御等の技術は周知技術であるため、詳細な説明を省略する。

【0029】

マイコン21、22が生成する駆動信号について、原則として第1インバータ61の駆動用に生成される信号を「第1駆動信号Dr1」といい、原則として第2インバータ62の駆動用に生成される信号を「第2駆動信号Dr2」という。ここでも、「原則として」と記載したのは、例外があることを意味する。

【0030】

第1実施形態では、第1マイコン21は、第1駆動信号Dr1を生成し、自系統の第1切替回路群41に出力すると共に、他系統の第2切替回路群42にも出力する。第2マイコン22は、第2駆動信号Dr2を生成し、自系統の第2切替回路群42に出力すると共に、他系統の第1切替回路群41にも出力する。なお、図1において破線の楕円で囲んだ範囲は、楕円内に記された六本の線が第1駆動信号Dr1又は第2駆動信号Dr2を構成することを意味する。

【0031】

また、第1マイコン21及び第2マイコン22は、第1選択信号Sel1及び第2選択信号Sel2を、それぞれ自系統の切替回路群41、42に共通に出力する。

第1切替回路群41及び第2切替回路群42は、マイコン21、22からドライバIC51、52への駆動信号Dr1、Dr2の経路途中に設けられる。第1切替回路群41及び第2切替回路群42は、自系統のマイコン21、22からの選択信号Sel1、Sel2に従って、第1駆動信号Dr1又は第2駆動信号Dr2の一方を選択し、自系統のドライバIC51、52に出力する。

【0032】

第1監視回路31及び第2監視回路32は、それぞれ、第1マイコン21及び第2マイコン22の異常を個別に監視する。異常監視の方法としては、ウォッチドッグ監視、演算監視、クロック監視等、どのような技術を用いてもよい。第1監視回路31及び第2監視

10

20

30

40

50

回路 3 2 は、起動タイミングが同期する。

【 0 0 3 3 】

第 1 監視回路 3 1 は第 1 マイコン 2 1 の異常を検出すると、第 1 マイコン 2 1 にリセット信号を出力する。第 2 監視回路 3 2 は第 2 マイコン 2 2 の異常を検出すると、第 2 マイコン 2 2 にリセット信号を出力する。なお、図 1 にて、「 R E S E T 」の文字の上に横棒を引いた信号は、リセット信号の反転信号を意味する。

マイコン 2 1、2 2 は、リセット信号が入力されると制御を停止する。これにより、切替回路群 4 1、4 2 に出力される選択信号 S e l 1、S e l 2 はハイインピーダンス状態となる。

【 0 0 3 4 】

切替回路群 4 1、4 2、ドライバ I C 5 1、5 2 及びインバータ 6 1、6 2 の詳細構成を図 3 に示す。以下、第 1 系統の構成について説明する。

第 1 インバータ 6 1 は、六個のスイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 がブリッジ接続されている。スイッチング素子 6 1 1、6 1 2、6 1 3 は、それぞれ U 相、V 相、W 相の上アームのスイッチング素子であり、スイッチング素子 6 1 4、6 1 5、6 1 6 は、それぞれ U 相、V 相、W 相の下アームのスイッチング素子である。スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 としては、例えば M O S F E T が用いられる。なお、M O S F E T 以外の電界効果トランジスタや I G B T 等をスイッチング素子として用いてもよい。

【 0 0 3 5 】

第 1 インバータ 6 1 は、スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 の動作により、図示しないバッテリーから入力された電源電圧 V b の直流電力を、三相交流電圧 V u 1、V v 1、V w 1 の交流電力に変換して第 1 巻線組 8 0 1 に供給する。

第 1 ドライバ I C 5 1 は、各スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 に対応するドライバ回路 5 1 1 - 5 1 6 を有している。各ドライバ回路 5 1 1 - 5 1 6 は、各スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 に対し、駆動信号 U H、V H、W H、U L、V L、W L を出力する。駆動信号 U H、V H、W H、U L、V L、W L に従って各スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 がオンオフ動作することにより、所望の三相交流電圧 V u 1、V v 1、V w 1 が生成される。

なお、各スイッチング素子 6 1 1 - 6 1 6 に対する駆動信号 U H、V H、W H、U L、V L、W L の束を、本明細書では第 1 駆動信号 D r 1 又は第 2 駆動信号 D r 2 という。

【 0 0 3 6 】

第 1 切替回路群 4 1 の各切替回路 4 1 1 - 4 1 6 は、第 1 マイコン 2 1 から入力された第 1 駆動信号 D r 1、又は第 2 マイコン 2 2 から入力された第 2 駆動信号 D r 2 のいずれかを選択し、第 1 ドライバ I C 5 1 の対応するドライバ回路 5 1 1 - 5 1 6 に出力する。以下、「第 1 ドライバ I C 5 1 の対応するドライバ回路 5 1 1 - 5 1 6 に出力する」ことを省略し、「第 1 ドライバ I C 5 1 に出力する」という。

【 0 0 3 7 】

第 2 系統も同様に、第 2 インバータ 6 2 は、スイッチング素子 6 2 1 - 6 2 6 の動作により、電源電圧 V b を三相交流電圧 V u 2、V v 2、V w 2 に変換して第 2 巻線組 8 0 2 に印加する。第 2 ドライバ I C 5 2 は、各スイッチング素子 6 2 1 - 6 2 6 に対応するドライバ回路 5 2 1 - 5 2 6 を有している。第 2 切替回路群 4 2 の各切替回路 4 2 1 - 4 2 6 は、選択した駆動信号 D r 1 又は D r 2 を、第 2 ドライバ I C 5 2 の対応するドライバ回路 5 2 1 - 5 2 6 に出力する。

【 0 0 3 8 】

第 1 切替回路群 4 1 が第 1 駆動信号 D r 1 を選択した場合、第 1 インバータ 6 1 は、自系統の第 1 マイコン 2 1 が生成した駆動信号により駆動される。本明細書では、インバータ 6 1、6 2 の駆動信号を自系統のマイコンが生成することを「内成する」といい、内成された駆動信号を「内成駆動信号」という。

一方、第 1 切替回路群 4 1 が第 2 駆動信号 D r 2 を選択した場合、第 1 インバータ 6 1 は、他系統の第 2 マイコン 2 2 が生成した駆動信号により駆動される。本明細書では、インバータ 6 1、6 2 の駆動信号を自系統のマイコン以外のマイコンが生成することを「外

10

20

30

40

50



成する」といい、外成された駆動信号を「外成駆動信号」という。図 1 では外成駆動信号を破線で示す。

【 0 0 3 9 】

第 1 実施形態では、他系統のマイコンが「自系統のマイコン以外のマイコン」に該当する。これに対し、後述の第 3 実施形態では、バックアップ用マイコンが「自系統のマイコン以外のマイコン」に該当する。

なお、製造業界では一般に、有形の製品について、「ないせい / がいせい」を「内製 / 外製」の漢字で表記する。しかし、無形の信号生成について「製」の文字はそぐわないため、本明細書では、「成」の文字を用いた「内成 / 外成」を使用する。

【 0 0 4 0 】

この用語を用いると、第 1 実施形態では、「第 1 マイコン及び第 2 マイコンは、自系統の切替回路群 4 1、4 2 に対して出力する内成駆動信号を、他系統の前記切替回路群に対し、外成駆動信号として共通に出力する。」と言い表される。

また、切替回路群 4 1、4 2 に入力される駆動信号について次のように言い表される。

第 1 切替回路群 4 1 には、自系統の第 1 マイコン 2 1 が内成した第 1 駆動信号 Dr 1、及び、他系統の第 2 マイコン 2 2 により外成された第 2 駆動信号 Dr 2 が入力される。

第 2 切替回路群 4 2 には、自系統の第 2 マイコン 2 2 が内成した第 2 駆動信号 Dr 2、及び、他系統の第 1 マイコン 2 1 により外成された第 1 駆動信号 Dr 1 が入力される。

【 0 0 4 1 】

次に図 4 を参照し、各切替回路の構成について、第 1 系統 U 相上アームのスイッチング素子 6 1 1 に対応する第 1 切替回路群 4 1 の切替回路 4 1 1 を代表例として説明する。第 1 切替回路群 4 1 の他の切替回路 4 1 2 - 4 1 6 の構成は切替回路 4 1 1 と同一である。また、第 2 切替回路群 4 2 の各切替回路 4 2 1 - 4 2 6 の構成は、図 4 における「第 1」と「第 2」とを入れ替えたものとなる。

【 0 0 4 2 】

切替回路 4 1 1 は、FET 等で構成される正スイッチ 4 3 及び副スイッチ 4 4 を含む。

正スイッチ 4 3 のドレインには、第 1 マイコン 2 1 からの第 1 駆動信号 Dr 1 が入力される。副スイッチ 4 4 のドレインには、第 2 マイコン 2 2 からの第 2 駆動信号 Dr 2 が入力される。正スイッチ 4 3 及び副スイッチ 4 4 の各ソースは、第 1 ドライバ IC 5 1 に接続されている。

正スイッチ 4 3 のゲートには第 1 選択信号 Sel 1 が入力され、副スイッチ 4 4 のゲートには第 1 選択信号 Sel 1 の反転信号が入力される。正スイッチ 4 3 及び副スイッチ 4 4 は、ゲート電圧が所定の電圧閾値 Vth を超えたときオンする。電圧閾値 Vth は、図 5 (b) にて、第 1 選択信号 Sel 1 のハイ値 H よりも少し低い値として示される。

【 0 0 4 3 】

続いて図 4 及び図 5 を参照し、ECU 1 0 1 の動作を説明する。図 5 のタイムチャートには、第 1 マイコン 2 1 が時刻 tx に故障したときの各種信号の推移を示す。

図 5 (a) には第 1 監視回路 3 1 のリセット信号の反転信号、(b) には第 1 選択信号 Sel 1、(c) には第 1 切替回路群 4 1 の切替回路 4 1 1 - 4 1 6 が選択出力する駆動信号を示す。図 5 (d) には第 1 マイコン 2 1 が内成した第 1 駆動信号 Dr 1、(e) には第 2 マイコン 2 2 により外成された第 2 駆動信号 Dr 2、(f) には第 1 ドライバ IC 5 1 の出力を示す。(d)、(e)、(f) の駆動信号は、いずれか一つのスイッチング素子に対する駆動信号を代表として示すものである。また、図中、「Hi - Z」はハイインピーダンス状態を意味する。

【 0 0 4 4 】

図 5 (a) にて、リセット信号の反転信号がハイの状態、すなわち第 1 監視回路 3 1 がリセット信号を出力していない状態を第 1 マイコン 2 1 が「正常」であるという。また、リセット信号の反転信号がローの状態、すなわち第 1 監視回路 3 1 がリセット信号を出力している状態を第 1 マイコン 2 1 が「異常」であるという。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

図5(b)、(c)に示すように、第1マイコン21の正常時、電圧閾値 $V_{th}$ を超える電圧値を有する第1選択信号 $S_{e11}$ が出力される。すると、第1選択信号 $S_{e11}$ が入力され、ゲート電圧が電圧閾値 $V_{th}$ を超える正スイッチ43はオンする。第1選択信号 $S_{e11}$ の反転信号が入力されゲート電圧が電圧閾値 $V_{th}$ 未満となる副スイッチ44はオフする。その結果、切替回路411-416では、内成駆動信号である第1駆動信号 $D_{r1}$ が選択される。

【0046】

第1マイコン21が異常となり、第1監視回路31からリセット信号が入力されると、第1マイコン21は制御を停止し、第1選択信号 $S_{e11}$ をはじめ外部への出力信号を全てハイインピーダンス状態とする。すると、切替回路411-416において、正スイッチ43は、ゲートに入力される信号がハイインピーダンス状態となり、ゲート電圧が電圧閾値 $V_{th}$ 未満となるためオフする。逆に、副スイッチ44は、ゲートに入力される反転信号がローインピーダンス状態となり、ゲート電圧が電圧閾値 $V_{th}$ を超えるためオンする。その結果、切替回路411-416では、外成駆動信号である第2駆動信号 $D_{r2}$ が選択される。

【0047】

図5(d)に示すように、時刻 $t_x$ 以後、第1マイコン21は、内成駆動信号である第1駆動信号 $D_{r1}$ を生成不能となり、第1駆動信号 $D_{r1}$ はハイインピーダンス状態となる。これに対し、図5(e)に示すように、第1インバータ61に対し第2マイコン22が外成駆動信号として生成する第2駆動信号 $D_{r2}$ は、時刻 $t_x$ 以後も継続する。

したがって図5(f)に示すように、第1ドライバIC51は、第1インバータ61に対し、時刻 $t_x$ までは内成駆動信号である第1駆動信号 $D_{r1}$ を出力し、時刻 $t_x$ 以後は外成駆動信号である第2駆動信号 $D_{r2}$ を出力する。

このように、ECU101は、二系統のうちいずれか一方のマイコン、例えば第1マイコン21が故障したとき、他方の正常な第2マイコン22により外成された第2駆動信号 $D_{r2}$ により第1インバータ61の駆動を継続する。

【0048】

例えば、一つのマイコンに対し複数のインバータを冗長的に設け、各インバータに対応する複数のモータ巻線組に電力を供給するECUを想定する。このようなECUでは、マイコンが故障した場合には完全に動作を停止せざるを得ない。

或いは、二つのマイコン及び二つのインバータを設け、各マイコンが生成した駆動信号を対応するインバータに出力するECUを想定する。このようなECUでは、いずれかのマイコンが故障した場合、故障したマイコンを含む系統のインバータの動作を停止する。すると、二系統のうち一系統のマイコンが故障した場合、残りの一系統のマイコンで制御を継続することは可能だとしても、二系統駆動から一系統駆動への切替時における出力トルクの急変等、動作の不連続性が問題となる場合がある。例えば電動パワーステアリング装置の操舵アシストモータの駆動システムでは、運転者に違和感を与えるおそれがある。

【0049】

それに対し第1実施形態では、二系統のうちいずれか一方のマイコンが故障したとき、故障した系統の切替回路群において外成駆動信号を選択することにより、両系統のインバータ61、62によるモータ駆動を適切に継続することができる。よって、特に電動パワーステアリング装置の操舵アシストモータの駆動システムでは、出力トルクの急変等を回避し、運転者に違和感を与えることを防止することができる。

【0050】

なお、図5(f)に示すように、第1駆動信号 $D_{r1}$ と第2駆動信号 $D_{r2}$ とのパルス幅や位相が一致しない場合がある。その場合、厳密には、第1駆動信号 $D_{r1}$ から第2駆動信号 $D_{r2}$ への切替時に、意図しないパルスが発生するというような不連続が生じる。

しかし現実には、パルス幅や位相が、電流フィードバック制御に基づく信号とは多少異なっているとしても、操舵アシストのためのモータ80の駆動は可能である。また、切替時におけるパルスの不連続性は、二系統駆動から一系統駆動への移行に伴う出力トルクの急変に

10

20

30

40

50

比べれば軽微なものに過ぎない。したがって、第1実施形態では、第1駆動信号Dr1と第2駆動信号Dr2との差異による軽微な影響を無視する。

【0051】

また、マイコンの異常時における制御切替に関し、二つのマイコンが相互に異常監視する周知技術では、制御切替の構成が複雑化し、切替にタイムラグが生じるという問題がある。

これに対し第1実施形態では、マイコンの異常時にハイインピーダンス状態の信号を選択信号として出力するため、制御切替の構成が単純となり、速やかな切替が可能となる。

【0052】

(第2実施形態)

第2実施形態について、図6、図7を参照して説明する。

図6に示すように、第2実施形態のECU102の構成要素は、第1実施形態のECU101の構成要素と同様である。ただし、各マイコン21、22は、自系統の電流センサ71、72から自系統の相電流を取得するだけでなく、破線で示すように、他系統の電流センサ71、72からも他系統の相電流を取得する。

【0053】

各マイコン21、22は、自系統の相電流に基づいて自系統のインバータを駆動する駆動信号を生成すると共に、他系統の相電流に基づいて他系統のインバータを駆動する駆動信号を生成する。すなわち、第1マイコン21は、第1駆動信号Dr1とは別に第2駆動信号Dr2を生成し、第2切替回路群42に対し外成駆動信号として出力する。第2マイコン22は、第2駆動信号Dr2とは別に第1駆動信号Dr1を生成し、第1切替回路群41に対し外成駆動信号として出力する。

【0054】

第1切替回路群41には、自系統の第1マイコン21が内成した第1駆動信号Dr1、及び、他系統の第2マイコン22により外成された第1駆動信号Dr1が入力される。

第2切替回路群42には、自系統の第2マイコン22が内成した第2駆動信号Dr2、及び、他系統の第1マイコン21により外成された第2駆動信号Dr2が入力される。

【0055】

第1切替回路群41は、第1マイコン21の正常時には、第1マイコン21が内成した第1駆動信号Dr1を選択し、第1マイコン21の異常時には、第2マイコン22により外成された第1駆動信号Dr1を選択して、第1ドライバIC51に出力する。

第2切替回路群42は、第2マイコン22の正常時には、第2マイコン22が内成した第2駆動信号Dr2を選択し、第2マイコン22の異常時には、第1マイコン21により外成された第2駆動信号Dr2を選択して、第2ドライバ回路52に出力する。

【0056】

図7は、第1実施形態の図5に対し(c)、(e)、(f)が異なる。図7(e)には第2マイコン22により外成された第1駆動信号Dr1を示す。

図7(f)に示すように、第1ドライバIC51は、第1インバータ61に対し、時刻txまでは内成駆動信号である第1駆動信号Dr1を出力し、時刻tx以後は外成駆動信号である第1駆動信号Dr1を出力する。

【0057】

第2実施形態のECU102は、第1実施形態と同様の効果を奏する。また、切替前後の駆動信号が同一であるため、厳密な意味での連続性を確保することができる。さらに、切替後には、本来の電流フィードバック制御に基づく信号に基づいて、より適切な制御を継続することができる。

【0058】

(第3実施形態)

第3実施形態について、図8を参照して説明する。

第3実施形態のECU103は、第1、第2実施形態の構成に加え、「バックアップ用マイコン」としての第3マイコン23、及び、第3マイコン23を監視する第3監視回路

10

20

30

40

50

３３をさらに備える。上述の通り、第３マイコン２３は、第１系統及び第２系統に対し、「自系統のマイコン以外のマイコン」として機能する。

【００５９】

第３マイコン２３は、各系統の電流センサ７１、７２から相電流を取得し、第１インバータ６１及び第２インバータ６２をいずれも駆動可能なバックアップ駆動信号Ｄｒ３を生成する。そして、第３マイコン２３は、第１切替回路群４１及び第２切替回路群４２に対し、バックアップ駆動信号Ｄｒ３を外成駆動信号として出力する。図８では、第３マイコン２３が取得する相電流、及びバックアップ駆動信号Ｄｒ３を二点鎖線で示す。

【００６０】

バックアップ駆動信号Ｄｒ３は、第１駆動信号Ｄｒ１又は第２駆動信号Ｄｒ２と同一の信号としてもよく、或いは、例えば両系統の相電流の平均値に基づいて演算した中間的な駆動信号としてもよい。また、第３マイコン２３は、第１駆動信号Ｄｒ１及び第２駆動信号Ｄｒ２を二重に生成し、第１切替回路群４１に第１駆動信号Ｄｒ１を出力すると共に、第２切替回路群４２に第２駆動信号Ｄｒ２を出力してもよい。

【００６１】

第１切替回路群４１は、第１マイコン２１の正常時には、第１マイコン２１が内成した第１駆動信号Ｄｒ１を選択し、第１マイコン２１の異常時には、第３マイコン２３により外成されたバックアップ駆動信号Ｄｒ３を選択して、第１ドライバＩＣ５１に出力する。

第２切替回路群４２は、第２マイコン２２の正常時には、第２マイコン２２が内成した第２駆動信号Ｄｒ２を選択し、第２マイコン２２の異常時には、第３マイコン２３により外成されたバックアップ駆動信号Ｄｒ３を選択して、第２ドライバ回路５２に出力する。

【００６２】

第３実施形態のＥＣＵ１０３は、バックアップ駆動信号Ｄｒ３の仕様に応じて、第１実施形態又は第２実施形態と同様の効果を奏する。また、第３実施形態では、第１マイコン２１又は第２マイコン２２の両方が故障した場合にも、二系統のインバータ６１、６２を制御し、巻線組８０１、８０２への通電を継続することができる。

【００６３】

（その他の実施形態）

（ａ）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３０deg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を有し協働してトルクを出力するモータに適用されてもよい。

また、交流モータに限らず、構成上可能であれば、ブラシ付き直流モータに適用されてもよい。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。

【００６４】

（ｂ）特許請求の範囲では、モータ制御装置が「少なくとも二系統について」第１及び第２の各構成要素を備えることを特定しているにすぎない。つまり、本発明のモータ制御装置は、第３、第４等の各構成要素をさらに備えてもよい。例えば三組の巻線組への通電を制御する三系統の構成を備えるモータ制御装置において、各系統の切替回路群には以下のように、自系統のマイコンによる内成駆動信号、及び、一つ次の系統のマイコンによる外成駆動信号が入力されるようにしてもよい。

第１切替回路群・・・第１駆動信号Ｄｒ１及び第２駆動信号Ｄｒ２

第２切替回路群・・・第２駆動信号Ｄｒ２及び第３駆動信号Ｄｒ３

第３切替回路群・・・第３駆動信号Ｄｒ３及び第１駆動信号Ｄｒ１

【００６５】

（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用のモータに限らず、他のいかなる用途のモータに適用されてもよい。

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。

10

20

30

40

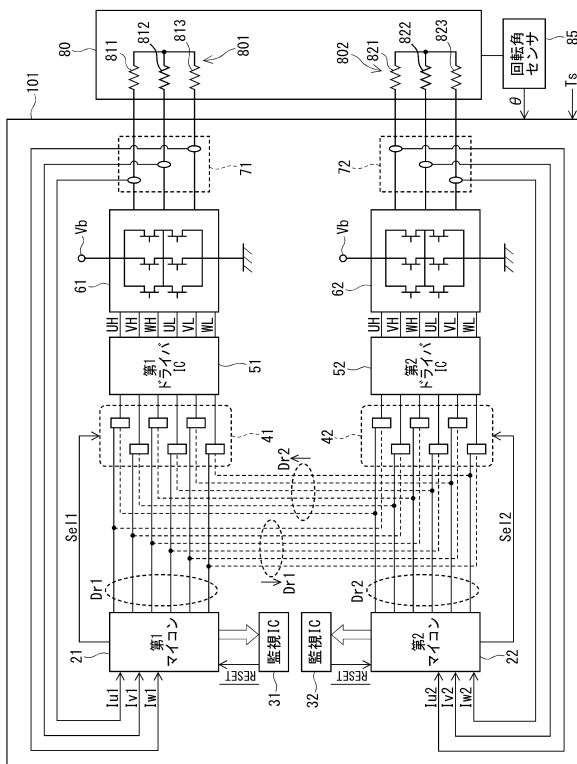
50

## 【符号の説明】

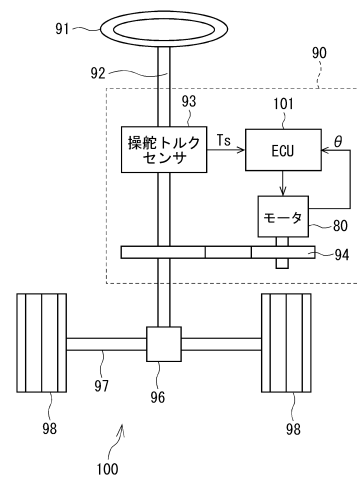
## 【 0 0 6 6 】

- 1 0 1、1 0 2、1 0 3・・・ＥＣＵ（モータ制御装置）、  
 2 1、2 2・・・マイコン、  
 3 1、3 2・・・監視回路、  
 4 1、4 2・・・切替回路群、  
 6 1、6 2・・・インバータ（電力変換器）、  
 8 0・・・モータ、  
 8 0 1、8 0 2・・・巻線組。

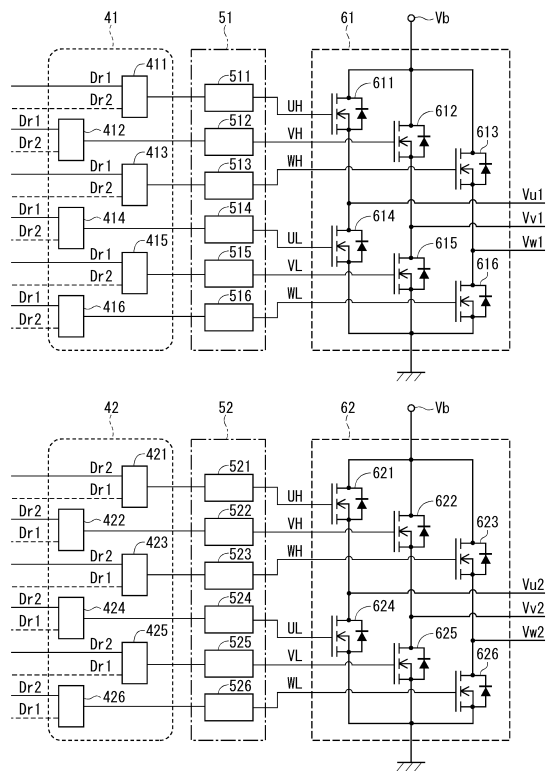
【図 1】



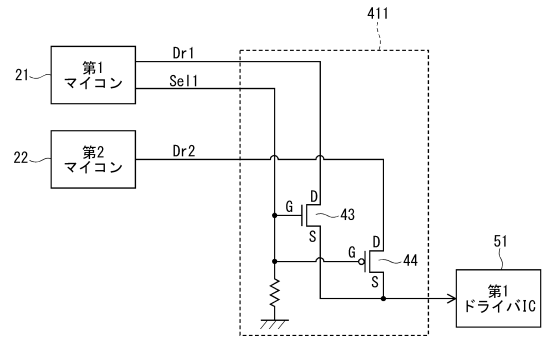
【図 2】



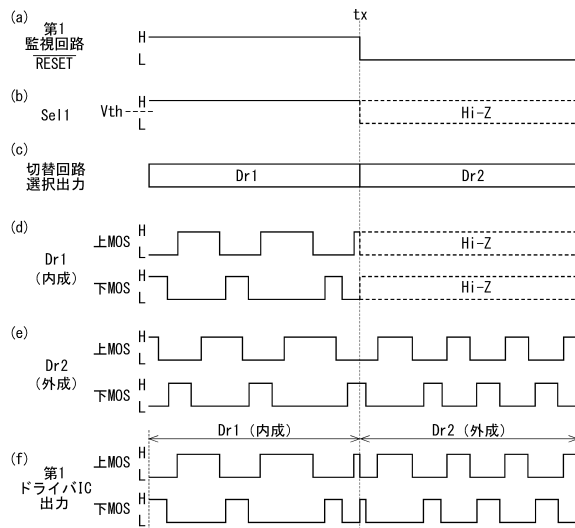
【図 3】



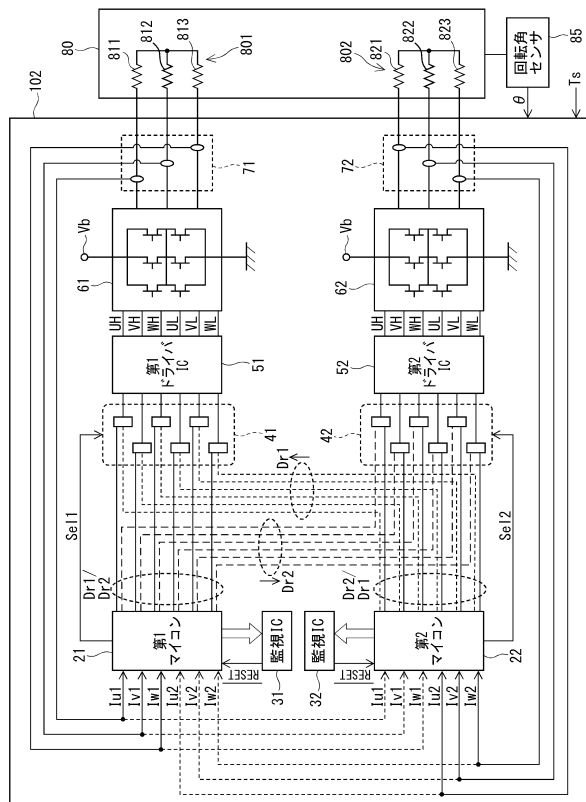
【図 4】



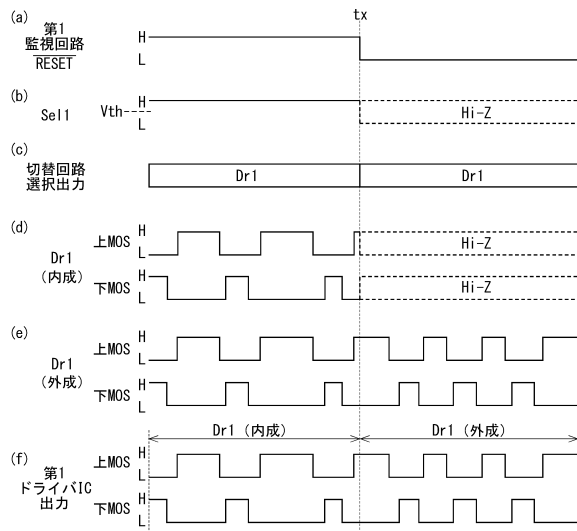
【図 5】



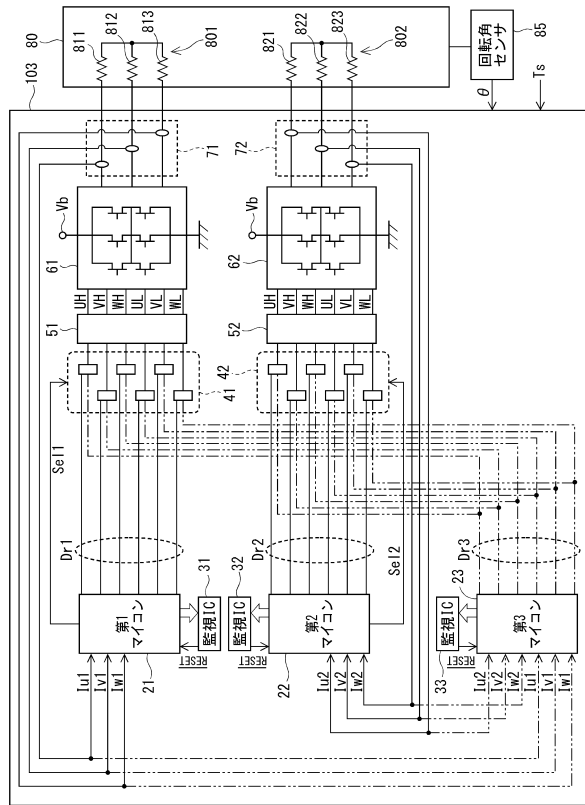
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-080939(JP,A)  
特開2003-032805(JP,A)  
特開2013-255358(JP,A)  
特開2014-014240(JP,A)  
特開2015-081013(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 25/22  
B62D 5/04  
H02P 29/028