

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-47096

(P2010-47096A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)	
B 6 2 D	6/00	(2006.01)	B 6 2 D 6/00		3 D 2 3 2
B 6 2 D	5/04	(2006.01)	B 6 2 D 5/04		3 D 2 3 3
H 0 2 P	7/29	(2006.01)	H 0 2 P 7/29	G	5 H 5 7 1
B 6 2 D	101/00	(2006.01)	B 6 2 D 101:00		
B 6 2 D	113/00	(2006.01)	B 6 2 D 113:00		

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-212320 (P2008-212320)
(22) 出願日 平成20年8月21日 (2008.8.21)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 110000213
特許業務法人プロスペック特許事務所
(72) 発明者 河西 栄治
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 3D232 CC46 DA15 DA23 DA63 DA64
DC01 DC02 DC03 DC08 DC35
DD01 DD10 DE02 DE09 EA01
EB11 EC22 GG01
3D233 CA03 CA13 CA16 CA20 CA21
CA33

最終頁に続く

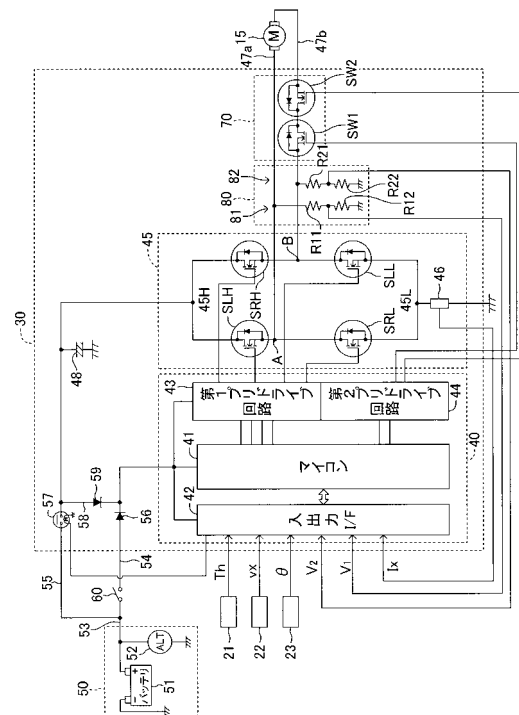
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 モータ駆動回路45の異常時に電動モータ15の回生制動力を適正に働かすこと。

【解決手段】 モータ駆動回路45から引き出した電動モータ15への通電ライン47に回生電流制御回路70を設ける。回生電流制御回路70は、MOS-FETからなる第1スイッチSW1と第2スイッチSW2とを、寄生ダイオードが互いに反対方向に向くように直列に接続して構成される。モータ駆動回路45の異常が検出されたとき、電源リレー57をオフにして電動モータ15への電源を遮断した後、モータ駆動回路45の全てのアームスイッチSLH, SRH, SRL, SLLにオン信号を出力し、電動モータ15の端子間を短絡する閉回路を形成する。そして、第1スイッチSW1と第2スイッチSW2とのデューティ比を制御して回生制動力を調整する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

運転者により操舵操作される操舵ハンドルと、
操舵アシストトルクを発生させるための電動モータと、
前記電動モータの通電量と回転方向とを制御するブリッジ回路と、
前記操舵ハンドルの操舵操作に基づいて、前記ブリッジ回路に制御信号を出力して前記電動モータを駆動制御するモータ制御手段と
を備えた電動パワーステアリング装置において、
前記ブリッジ回路から前記電動モータへの通電ラインに設けられ、その通電ラインを遮断可能かつ通電ラインに流れる電流量の制御可能な半導体素子と、
前記ブリッジ回路の異常を検出する異常検出手段と、
前記異常検出手段により異常を検出したときに、前記ブリッジ回路への電源供給を遮断するとともに、前記電動モータの端子間に前記通電ラインと前記ブリッジ回路とで閉回路を形成して前記電動モータの回転による発電にて前記電動モータに制動力を発生させる制動手段と、
前記半導体素子を制御して前記制動力を調整する制動力制御手段と
を備えたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項 2】

前記半導体素子は、2つのMOS-FETを、寄生ダイオードが互いに反対方向に向くように直列接続して構成され、
前記制動力制御手段は、前記2つのMOS-FETをスイッチング制御することにより前記制動力を調整することを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

20

【請求項 3】

前記ブリッジ回路は、スイッチング素子を電源に並列に接続した上アーム回路と、スイッチング素子を並列に接地した下アーム回路とを直列に接続して備え、上アーム回路と下アーム回路との間から前記通電ラインを引き出したHブリッジ回路であり、
前記制動手段は、前記ブリッジ回路への電源供給を遮断した後に、前記上アーム回路と前記下アーム回路とにおける全てのスイッチング素子に対してオン指令を出力することを特徴とする請求項2記載の電動パワーステアリング装置。

30

【請求項 4】

前記モータ制御手段による電動モータの駆動制御を開始する前に、前記2つのMOS-FETの個々の異常の有無を診断する初期診断手段を備えたことを特徴とする請求項3記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】

前記初期診断手段は、
前記上アーム回路と前記下アーム回路との2つの接続部をそれぞれ電圧測定用抵抗を介して接地し、
前記2つのMOS-FETと前記ブリッジ回路に予め設定した制御信号を出力したときにおける前記各電圧測定用抵抗の分圧に基づいて、前記2つのMOS-FETの個々の異常の有無を診断することを特徴とする請求項4記載の電動パワーステアリング装置。

40

【請求項 6】

前記初期診断手段は、
前記2つのMOS-FETにオフ信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の一方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、一方のMOS-FETの遮断不良を検出し、
前記2つのMOS-FETにオフ信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の他方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、他方のMOS-FETの遮断不良を検出することを特徴とする請求項5記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 7】

50

前記初期診断手段は、

一方のMOS-FETにオン信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の一方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、前記一方のMOS-FETの導通不良を検出し、

他方のMOS-FETにオン信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の他方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、前記他方のMOS-FETの導通不良を検出することを特徴とする請求項5または6記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、運転者の操舵操作に基づいて電動モータを駆動制御して操舵アシストトルクを発生する電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、電動パワーステアリング装置は、運転者が行った操舵操作に基づいて電動モータの目標アシストトルクを演算し、この目標アシストトルクに対応した目標電流を電動モータに通電することにより、運転者の操舵操作を適切にアシストする。電動モータへの通電量は、コントローラからHブリッジ回路等のモータ駆動回路にPWM制御信号を出力することにより制御される。こうした電動パワーステアリング装置においては、異常が検知されたときに操舵アシストを停止することがある。異常の種類によっては、電動モータへの通電量を徐々に減らしていくことにより、操舵感覚を急変させずに操舵アシスト停止状態にスムーズに移行できる。しかし、モータ駆動回路の異常、あるいは、モータ電源系統の異常の場合には、回路損傷を防止するためにモータ駆動回路への電源供給を瞬時に遮断する必要がある。この場合、特に旋回走行中においては、大きなアシストトルクを発生していた電動モータの通電が停止されるため、アシストトルクの消失に伴って路面からの逆入力に急にステアリングシャフトに作用し操舵ハンドルを中立位置に戻そうとする。従って、運転者は、操舵ハンドルの操舵力を急に増加させる必要がある。

20

【0003】

こうした問題に対して、特許文献1にて提案された電動パワーステアリング装置においては、異常検出時に、電動モータの回転が停止するまでのあいだモータ駆動回路のスイッチング素子を制御して電動モータの端子間を短絡する。これにより、路面からの逆入力により電動モータが回転しても、電動モータの発電により電動モータに回生制動力が働き、操舵ハンドルに伝達される中立位置への戻り力が抑制される。

30

【特許文献1】特開平9-290762号

【発明の開示】

【0004】

しかしながら、特許文献1のものは、異常検出時に電動モータの端子間を短絡するだけで電動モータに流れる電流量を制御できないため、操舵アシスト状態から操舵アシスト停止状態へのスムーズな移行を図ることができない。また、特許文献1のものは、各種のセンサ故障を想定したものであって、モータ駆動回路の故障を想定していない。このため、仮に、モータ駆動回路のスイッチング素子のデューティ比を制御しても電動モータに流れる電流量を制御できないことがある。

40

【0005】

例えば、図10に示すように、電動モータ201を駆動するHブリッジ回路200のスイッチング素子S1~S4の1つがショート故障(遮断不能状態となる故障)した場合を考える。この場合、ショート故障したスイッチング素子S1と並列に設けられたスイッチング素子S2によりデューティ比を制御して回生電流を調整しようとしても、スイッチング素子S2に並列に設けられたフライホイールダイオードD2に回生電流が流れてしまうため、スイッチング素子S2のデューティ比制御では電流量を制御できない。このため、

50

回生制動力の大きさを調整できず、また、電動モータの端子間が常に短絡状態になるため回生制動が働かないようにすることもできない。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記問題に対処するためになされたもので、モータ駆動回路(ブリッジ回路)の異常時に電動モータの発電による制動力を適正に働かすことができるようにすることを目的とする。

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するために、本発明の特徴は、運転者により操舵操作される操舵ハンドルと、操舵アシストトルクを発生させるための電動モータと、前記電動モータの通電量と回転方向とを制御するブリッジ回路と、前記操舵ハンドルの操舵操作に基づいて、前記ブリッジ回路に制御信号を出力して前記電動モータを駆動制御するモータ制御手段とを備えた電動パワーステアリング装置において、前記ブリッジ回路から前記電動モータへの通電ラインに設けられ、その通電ラインを遮断可能かつ通電ラインに流れる電流量の制御可能な半導体素子と、前記ブリッジ回路の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により異常を検出したときに、前記ブリッジ回路への電源供給を遮断するとともに、前記電動モータの端子間に前記通電ラインと前記ブリッジ回路とで閉回路を形成して前記電動モータの回転による発電にて前記電動モータに制動力を発生させる制動手段と、前記半導体素子を制御して前記制動力を調整する制動力制御手段とを備えたことにある。

10

【 0 0 0 8 】

この場合、前記半導体素子は、2つのMOS - FETを、寄生ダイオードが互いに反対方向に向くように直列接続して構成され、前記制動力制御手段は、前記2つのMOS - FETをスイッチング制御することにより前記制動力を調整するとよい。

20

【 0 0 0 9 】

本発明においては、ブリッジ回路から電動モータへの通電ラインに、電流遮断可能かつ電流量を制御可能な半導体素子が設けられている。この半導体素子としては、例えば、2つのMOS - FET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) を直列接続して設ける。MOS - FETには、構造上ダイオードが寄生する(このダイオードは寄生ダイオードと呼ばれる)。このため、2つのMOS - FETを、寄生ダイオードが互いに反対方向に向くように通電ラインに直列接続することで、電動モータのどちらの通電方向に対しても電流遮断が可能であり、また、MOS - FETのスイッチング制御により電流量調整を行うこともできる。

30

【 0 0 1 0 】

制動手段は、異常検出手段により異常を検出したときに、ブリッジ回路への電源供給を遮断する。そして、電動モータの端子間に通電ラインとブリッジ回路とで閉回路を形成する。つまり、電動モータと通電ラインとブリッジ回路からなる閉回路を形成する。この状態においては、路面からの逆入力等により電動モータが回転すると、電動モータの発電により閉回路に電流が流れ、電動モータに制動力が発生する。以下、このように電動モータの発電により電動モータに働く制動を回生制動と呼ぶ。制動力制御手段は、半導体素子を制御することにより閉回路の抵抗を変化させて回生制動力を調整する。例えば、PWM制御により2つのMOS - FETのデューティ比を制御することにより、モータ発電により閉回路に流れる電流量を調整して回生制動力を調整する。このため、回生制動力を任意に調整することができる。

40

【 0 0 1 1 】

例えば、ブリッジ回路に異常が発生した直後においては、閉回路の回路抵抗を小さくして(MOS - FETのオンデューティ比を大きくして)回生電流が流れやすくなるようにし、その後、徐々に閉回路の回路抵抗を大きくして(MOS - FETのオンデューティ比を小さくして)回生電流が流れにくくなるようにする。この場合、異常発生時において操舵アシストトルクが急に消失しても、強い回生制動力により路面からの逆入力により操舵ハンドルが戻されることを抑制でき、その後は、回生制動力を弱めて運転者の意図する操舵操作を邪魔しなくなるようにすることができる。尚、回生制動力の調整は、時間の経過

50

とともに減少させるものに限らず、例えば、運転者の行う操舵ハンドルの操作に基づいて、運転者の操舵操作を邪魔しないように、かつ、路面反力を抑制するように調整することもできる。

【 0 0 1 2 】

この結果、本発明によれば、ブリッジ回路の異常時に電動モータに適正な制動力を働かせることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の他の特徴は、前記ブリッジ回路は、スイッチング素子を電源に並列に接続した上アーム回路と、スイッチング素子を並列に接地した下アーム回路とを直列に接続して備え、上アーム回路と下アーム回路との間から前記通電ラインを引き出したHブリッジ回路であり、前記制動手段は、前記ブリッジ回路への電源供給を遮断した後に、前記上アーム回路と前記下アーム回路とにおける全てのスイッチング素子に対してオン指令を出力することにある。

10

【 0 0 1 4 】

本発明においては、モータ駆動回路としてHブリッジ回路を備え、異常検出手段により異常を検出したとき、制動手段がブリッジ回路への電源供給を遮断した後、Hブリッジ回路の上アーム回路と下アーム回路との全てのスイッチング素子に対してオン指令を出力する。この場合、Hブリッジ回路への電源供給は遮断されているため、上下のアーム回路を貫通する電流が流れることはなく、異常となるスイッチング素子を特定しなくても、電動モータの端子間に通電ラインとブリッジ回路とで閉回路を形成することができる。従って、回生制動を行うための閉回路を簡単に形成することができる。

20

【 0 0 1 5 】

本発明の他の特徴は、前記モータ制御手段による電動モータの駆動制御を開始する前に、前記2つのMOS - FETの個々の異常の有無を診断する初期診断手段を備えたことにある。この場合、前記初期診断手段は、前記上アーム回路と前記下アーム回路との2つの接続部をそれぞれ電圧測定用抵抗を介して接地し、前記2つのMOS - FETと前記ブリッジ回路に予め設定した制御信号を出力したときにおける前記各電圧測定用抵抗の分圧に基づいて、前記2つのMOS - FETの個々の異常の有無を診断するとよい。

【 0 0 1 6 】

本発明においては、モータ制御手段が電動モータの駆動制御を開始する前に、初期診断手段が2つのMOS - FETの個々の異常の有無を診断する。例えば、上アーム回路と下アーム回路との2つの接続部をそれぞれ電圧測定用抵抗を介して接地しておき、MOS - FETが正常な場合と異常な場合とで電圧測定用抵抗の分圧が相違するように、2つのMOS - FETとブリッジ回路とに予め設定した制御信号を出力する。従って、電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより2つのMOS - FETの個々の異常の有無を診断できる。これにより、電動パワーステアリング装置の信頼性が向上する。尚、電圧測定用抵抗の分圧測定は、複数の抵抗体を直列に接続して電圧測定用抵抗を構成し、特定の抵抗体の電圧を検出すればよい。

30

【 0 0 1 7 】

また、本発明の他の特徴は、前記初期診断手段は、前記2つのMOS - FETにオフ信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の一方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、一方のMOS - FETの遮断不良を検出し、前記2つのMOS - FETにオフ信号を出力するとともに前記Hブリッジ回路の上アーム回路の他方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、他方のMOS - FETの遮断不良を検出することにある。

40

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、モータ制御手段による電動モータの駆動制御を開始する前に、Hブリッジ回路に電源を供給した状態で、Hブリッジ回路の上アームのスイッチング素子を片側ずつオン/オフを切り替え、そのときの各電圧測定用抵抗の分圧を測定することで、簡単

50

に個々の MOS - FET の遮断不良 (ショート故障) を検出できる。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の他の特徴は、前記初期診断手段は、一方の MOS - FET にオン信号を出力するとともに前記 Hブリッジ回路の上アーム回路の一方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、前記一方の MOS - FET の導通不良を検出し、他方の MOS - FET にオン信号を出力するとともに前記 Hブリッジ回路の上アーム回路の他方のスイッチング素子にオン信号を出力し、そのときの前記各電圧測定用抵抗の分圧を測定することにより、前記他方の MOS - FET の導通不良を検出することにある。

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、モータ制御手段による電動モータの駆動制御を開始する前に、Hブリッジ回路に電源を供給した状態で、Hブリッジ回路の上アームのスイッチング素子と MOS - FET とを片側ずつオン / オフを切り替え、そのときの電圧測定用抵抗の分圧を測定することで、簡単に個々の MOS - FET の導通不良 (オープン故障) を検出できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の一実施形態について図面を用いて説明する。図 1 は、実施形態としての車両の電動パワーステアリング装置を概略的に示し、図 2 は、その電動パワーステアリング装置における回路構成を概略的に示している。

【 0 0 2 2 】

この車両の電動パワーステアリング装置 1 は、大別すると、操舵ハンドル 11 の操舵により転舵輪を転舵する転舵機構 10 と、転舵機構 10 に組み付けられ操舵アシストトルクを発生する電動モータ 15 と、操舵ハンドル 11 の操舵状態に応じて電動モータ 15 の作動を制御する電子制御ユニット 30 とから構成される。

【 0 0 2 3 】

転舵機構 10 は、操舵ハンドル 11 の回転操作により左右前輪 FW1, FW2 を転舵するための機構で、操舵ハンドル 11 を上端に一体回転するように接続したステアリングシャフト 12 を備える。このステアリングシャフト 12 の下端には、ピニオンギヤ 13 が一体回転するように接続されている。ピニオンギヤ 13 は、ラックバー 14 に形成されたラック歯と噛み合ってラックアンドピニオン機構を構成する。ラックバー 14 の両端には、図示しないタイロッドおよびナックルアームを介して左右前輪 FW1, FW2 が転舵可能に接続されている。左右前輪 FW1, FW2 は、ステアリングシャフト 12 の軸線回りの回転に伴うラックバー 14 の軸線方向の変位に応じて左右に転舵される。従って、操舵ハンドル 11、ステアリングシャフト 12、ラックアンドピニオン機構 13, 14、タイロッド、ナックルアーム等により転舵機構 10 が構成される。

【 0 0 2 4 】

ラックバー 14 には、操舵アシスト用の電動モータ 15 が組み付けられている。この電動モータ 15 としては、ブラシ付モータが使用される。電動モータ 15 の回転軸は、ボールねじ機構 16 を介してラックバー 14 に動力伝達可能に接続されていて、その回転により左右前輪 FW1, FW2 の操舵をアシストする。ボールねじ機構 16 は、減速機および回転 - 直線変換器として機能するもので、電動モータ 15 の回転を減速するとともに直線運動に変換してラックバー 14 に伝達する。また、電動モータ 15 をラックバー 14 に組み付けるのに代えて、電動モータ 15 をステアリングシャフト 12 に組み付けて、電動モータ 15 の回転を減速機を介してステアリングシャフト 12 に伝達して同シャフト 12 を軸線周りに駆動するように構成してもよい。

【 0 0 2 5 】

ステアリングシャフト 12 には、操舵トルクセンサ 21 が設けられる。操舵トルクセンサ 21 は、操舵ハンドル 11 の回転操作によってステアリングシャフト 12 に作用する操舵トルクに応じた信号を出力する。この操舵トルクセンサ 21 から出力される信号により検出される操舵トルクの値を、以下、操舵トルク Th と呼ぶ。操舵トルク Th は、正負の

10

20

30

40

50

値により操舵ハンドル 11 の操作方向が識別される。本実施形態においては、操舵ハンドル 11 の右方向への操舵時における操舵トルク T_h を正の値で、操舵ハンドル 11 の左方向への操舵時における操舵トルク T_h を負の値で示す。従って、操舵トルク T_h の大きさは、その絶対値の大きさとなる。

【0026】

電動モータ 15 には、回転角センサ 23 が設けられる。この回転角センサ 23 は、電動モータ 15 内に組み込まれ、電動モータ 15 の回転子の回転角度位置に応じた検出信号を出力する。この回転角センサ 23 の検出信号は、電動モータ 15 の回転角および回転角速度の計算に利用される。一方、この電動モータ 15 の回転角は、操舵ハンドル 11 の操舵角に比例するものであるため、操舵ハンドル 11 の操舵角としても共通に用いられる。また、電動モータ 15 の回転角を時間微分した回転角速度は、操舵ハンドル 11 の操舵角速度に比例するものであるため、操舵ハンドル 11 の操舵角速度としても共通に用いられる。

10

【0027】

以下、回転角センサ 23 の出力信号により検出される操舵ハンドル 11 の操舵角の値を操舵角 θ と呼び、その操舵角 θ を時間微分して得られる操舵角速度の値を操舵角速度 ω と呼ぶ。尚、操舵角 θ および操舵角速度 ω は、後述する電子制御回路 40 のマイコン 41 により演算される。操舵角 θ は、正負の値により操舵ハンドル 11 の中立位置に対する右方向および左方向の舵角をそれぞれ表す。本実施形態においては、操舵ハンドル 11 の中立位置を「0」とし、中立位置に対する右方向への舵角を正の値で示し、中立位置に対する左方向への舵角を負の値で示す。

20

【0028】

次に、電子制御ユニット 30 について図 2 を用いて説明する。

電子制御ユニット 30 (以下、ECU 30 と呼ぶ) は、電動モータ 15 の目標通電制御値を演算し、演算された目標通電制御値にて電動モータ 15 を駆動制御する電子制御回路 40 と、電子制御回路 40 からの制御指令により電動モータ 15 を駆動するモータ駆動回路 45 とを含んで構成される。電子制御回路 40 は本発明におけるモータ制御手段に相当し、モータ駆動回路 45 は本発明におけるブリッジ回路に相当する。

【0029】

電子制御回路 40 は、CPU, ROM, RAM 等からなるマイクロコンピュータ 41 (以下、マイコン 41 と呼ぶ) と、入出力インタフェース 42 と、マイコン 41 から出力される PWM (Pulse Width Modulation) 制御信号を増幅してモータ駆動回路 45 に供給する第 1 ブリッドライブ回路 43 と、同じくマイコン 41 から出力される PWM 制御信号を増幅して後述の回生電流制御回路 70 に供給する第 2 ブリッドライブ回路 44 とを備える。

30

【0030】

入出力インタフェース 42 は、バスを介してマイコン 41 に接続されるとともに、操舵トルクセンサ 21、車速センサ 22、回転角センサ 23、電流センサ 46、異常検出回路 80 からの検出信号を入力し、マイコン 41 に対して読み込み可能な信号に変換する。また、入出力インタフェース 42 は、常開 (ノーマル・オープン) 型の電源リレー 57 を接続し、マイコン 41 からの指令に基づき、電源リレー 57 の開閉状態を変更する信号を送出するようになっている。

40

【0031】

車速センサ 22 は、車両の走行速度に応じた車速信号を出力する。この車速センサ 22 から出力される車速信号により検出される車速の値を、以下、車速 v_x と呼ぶ。電流センサ 46、異常検出回路 80 については後述する。

【0032】

ECU 30 は、バッテリー 51 と、エンジンの回転により発電するオルタネータ 52 とからなる電源装置 50 から電源供給される。バッテリー 51 としては、定格出力電圧が 12V の一般の車載バッテリーが用いられる。

50

【 0 0 3 3 】

この電源装置 5 0 は、電動パワーステアリング装置 1 だけでなく他の車載電気負荷への電源供給も共通して行う。バッテリー 5 1 の電源端子 (+ 端子) に接続される電源供給元ライン 5 3 には、イグニッションスイッチ 6 0 が接続される。E C U 3 0 は、このイグニッションスイッチ 6 0 の二次側から電子制御回路 4 0 に電源供給する制御電源供給ライン 5 4 と、イグニッションスイッチ 6 0 の一次側 (電源側) から主にモータ駆動回路 4 5 に電源供給する駆動電源供給ライン 5 5 とを備える。

【 0 0 3 4 】

制御電源供給ライン 5 4 には、ダイオード 5 6 が設けられる。このダイオード 5 6 は、カソードを電子制御回路 4 0 側、アノードを電源装置 5 0 側に向けて設けられ、電源供給方向にのみ通電可能とする逆流防止素子である。駆動電源供給ライン 5 5 には、その途中に電源リレー 5 7 が設けられる。この電源リレー 5 7 は、電子制御回路 4 0 からの制御信号によりオンして電動モータ 1 5 への電力供給回路を形成するものである。

【 0 0 3 5 】

駆動電源供給ライン 5 5 は、この電源リレー 5 7 よりも負荷側において連結ライン 5 8 により制御電源供給ライン 5 4 と接続される。この連結ライン 5 8 は、制御電源供給ライン 5 4 におけるダイオード 5 6 と電子制御回路 4 0 との間に接続される。連結ライン 5 8 にはダイオード 5 9 が接続される。このダイオード 5 9 は、カソードを制御電源供給ライン 5 4 側、アノードを駆動電源供給ライン 5 5 側に向けて設けられ、駆動電源供給ライン 5 5 から制御電源供給ライン 5 4 に向けてのみ通電可能とする逆流防止素子である。このように構成された電源供給系においては、電源リレー 5 7 がオン状態とされたときには、イグニッションスイッチ 6 0 の状態にかかわらず、電子制御回路 4 0 およびモータ駆動回路 4 5 に電源が供給される構成となっている。

【 0 0 3 6 】

モータ駆動回路 4 5 は、スイッチング素子 S L H とスイッチング素子 S R H とを駆動電源供給ライン 5 5 に並列に接続した上アーム回路 4 5 H と、スイッチング素子 S R L とスイッチング素子 S L L とをグラウンドに並列に接続した下アーム回路 4 5 L とを直列接続し、上下のアーム回路 4 5 H , 4 5 L の接続部 A , B から電動モータ 1 5 への電源供給を行うための通電ライン 4 7 a , 4 7 b を引き出した H ブリッジ回路である。このモータ駆動回路 4 5 では、スイッチング素子 S L H とスイッチング素子 S R L とが電源 - グラウンド間に直列接続され、スイッチング素子 S R H とスイッチング素子 S L L とが電源 - グラウンド間に直列接続される。モータ駆動回路 4 5 へ電源を供給する駆動電源供給ライン 5 5 には、ノイズを除去するための電解コンデンサ 4 8 が設けられている。

【 0 0 3 7 】

下アーム回路 4 5 L とグラウンドとを結ぶ接地ラインには、電流センサ 4 6 が設けられる。電流センサ 4 6 は、電動モータ 1 5 に流れる電流を検出するもので、例えば、モータ駆動回路 4 5 とグラウンドとの間にシャント抵抗を設け、このシャント抵抗の両端に現れる電圧によりモータ電流値を検出してマイコン 4 1 に供給する。以下、この電流センサ 4 6 から出力される信号により検出される電流の値を、実電流 I_x と呼ぶ。

【 0 0 3 8 】

モータ駆動回路 4 5 に設けられるスイッチング素子 S L H , S R H , S R L , S L L としては、M O S - F E T (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) が使用される。スイッチング素子 S L H , S R H , S R L , S L L は、各ソース - ドレイン間に電源電圧が印加されるように上下のアーム回路 4 5 H , 4 5 L に設けられ、また、各ゲートが電子制御回路 4 0 の第 1 ブリッドライブ回路 4 3 に接続される。尚、図中に回路記号で示すように、M O S - F E T には構造上ダイオードが寄生している。このダイオードを寄生ダイオードと呼ぶ。

【 0 0 3 9 】

モータ駆動回路 4 5 は、スイッチング素子 S L H とスイッチング素子 S L L とがオンしているときに電動モータ 1 5 に対して左回転トルクを発生させる電流を流し、スイッチン

10

20

30

40

50

グ素子 S R H とスイッチング素子 S R L とがオンしているときに電動モータ 15 に対して右回転トルクを発生させる電流を流す。そこで、以下、スイッチング素子 S L H を左上アームスイッチと呼び、スイッチング素子 S L L を左下アームスイッチと呼び、スイッチング素子 S R H を右上アームスイッチと呼び、スイッチング素子 S R L を右下アームスイッチと呼び、それらを特定しない場合には単にアームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L と呼ぶ。

【 0 0 4 0 】

通電ライン 47 b には、回生電流制御回路 70 が設けられる。回生電流制御回路 70 は、半導体スイッチング素子である MOS - FET を 2 つ直列に接続して構成される。一方の MOS - FET を第 1 スイッチ S W 1 と呼び、他方の MOS - FET を第 2 スイッチ S W 2 と呼ぶ。第 1 スイッチ S W 1 と第 2 スイッチ S W 2 とは、ソース - ドレイン間が通電ライン 47 b に直列に設けられ、ゲートが電子制御回路 40 の第 2 ブリドライブ回路 44 に接続される。この場合、第 1 スイッチ S W 1 と第 2 スイッチ S W 2 とは、それぞれの寄生ダイオードの向きが互いに反対になるように直列に接続されている。この例では、第 1 スイッチ S W 2 の寄生ダイオードは、接続部 B から電動モータ 15 側への電流の流れのみを許容する向きに設けられ、第 2 スイッチ S W 2 の寄生ダイオードは、電動モータ 15 から接続部 B 側への電流の流れのみを許容する向きに設けられる。尚、回生電流制御回路 70 は、通電ライン 47 a に設けてもよい。以下、通電ライン 47 a , 47 b について総称する場合には、通電ライン 47 と呼ぶ。

【 0 0 4 1 】

通電ライン 47 には、異常検出回路 80 が設けられている。異常検出回路 80 は、回生電流制御回路 70 の第 1 スイッチ S W 1 , 第 2 スイッチ S W 2 のオープン故障 (オン信号に対して回路を導通できない故障) とショート故障 (オフ信号に対して回路を遮断できない故障) とを検出するために設けた回路であって、第 1 電圧測定部 81 と第 2 電圧測定部 82 とから構成される。第 1 電圧測定部 81 は、通電ライン 47 a を抵抗体 R 11 , 抵抗体 R 12 を直列に接続して接地し、抵抗体 R 11 と抵抗体 R 12 との接続部におけるグラウンドに対する電位を表す電圧信号を電子制御回路 40 の入出力インタフェース 42 に供給する。この第 1 電圧測定部 81 により測定される電圧を第 1 検出電圧 V 1 と呼ぶ。

【 0 0 4 2 】

第 2 電圧測定部 82 は、接続部 B と回生電流制御回路 70 との間の通電ライン 47 b を抵抗体 R 21 , 抵抗体 R 22 を直列に接続して接地し、抵抗体 R 21 と抵抗体 R 22 との接続部におけるグラウンドに対する電位を表す電圧信号を電子制御回路 40 の入出力インタフェース 42 に供給する。この第 2 電圧測定部 82 により測定される電圧を第 2 検出電圧 V 2 と呼ぶ。抵抗体 R 11 , R 12 , R 21 , R 22 は、全て同一の抵抗値に設定された抵抗体であって、その抵抗値は、電動モータ 15 の抵抗値に対して非常に大きな値に設定されている。抵抗体 R 11 , R 12 および抵抗体 R 21 , R 22 は、本発明における電圧測定用抵抗に相当し、第 1 検出電圧 V 1 および第 2 検出電圧 V 2 は、本発明における分圧に相当する。尚、抵抗体 R 11 , R 21 の接続位置は、上アーム回路 24 H と下アーム回路 24 L との接続部 A , B と同電位レベルとなる位置であれば、モータ駆動回路 45 内であってもよい。

【 0 0 4 3 】

マイコン 41 は、第 1 ブリドライブ回路 43 を介してモータ駆動回路 45 の各アームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L のゲートに独立した PWM 制御信号を出力する。この PWM 制御信号は、オン信号とオフ信号とからなるパルス信号列である。アームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L は、PWM 制御信号におけるオン信号期間中においてオン状態 (ソース - ドレイン間が導通状態) となり、PWM 制御信号におけるオフ信号期間中においてはオフ状態 (ソース - ドレイン間が遮断状態) となる。マイコン 41 は、PWM 制御信号におけるデューティ比 (オン時間 / (オン時間 + オフ時間)) を調整することにより電動モータ 15 に流す電流値 (平均電流値) を制御する。

【 0 0 4 4 】

マイコン 4 1 は、電動モータ 1 5 を左回転させるときには、目標指令電圧に応じたデューティ比の P W M 制御信号をアームスイッチ S L H , S L L に出力し、電動モータ 1 5 を右回転させるときには、目標指令電圧に応じたデューティ比の P W M 制御信号をアームスイッチ S R H , S R L に出力する。

【 0 0 4 5 】

マイコン 4 1 は、第 2 ブリドライブ回路 4 4 を介して回生電流制御回路 7 0 の第 1 スイッチ S W 1 と第 2 スイッチ S W 2 のゲートに独立した P W M 制御信号を出力する。この P W M 制御信号も、オン信号とオフ信号とからなるパルス信号列である。第 1 スイッチ S W 1 と第 2 スイッチ S W 2 とは、P W M 制御信号におけるオン信号期間中においては、オン状態（ソース - ドレイン間が導通状態）となり、P W M 制御信号におけるオフ信号期間中においてはオフ状態（ソース - ドレイン間が遮断状態）となる。マイコン 4 1 は、後述する電動モータ 1 5 の回生制動制御を行うときに、P W M 制御信号におけるデューティ比を調整することにより、通電ライン 4 7 の抵抗を変化させて電動モータ 1 5 に流れる回生電流の大きさを制御する。

【 0 0 4 6 】

次に、E C U 3 0 の行う処理について説明する。

まず、E C U 3 0 が実行するアシスト制御処理について説明する。図 3 は、マイコン 4 1 により行われるアシスト制御ルーチンを表す。このアシスト制御ルーチンは、マイコン 4 1 の R O M 内に制御プログラムとして記憶され、イグニッションスイッチ 6 0 がオンされて所定の初期診断が完了すると起動し、短い周期で繰り返し実行される。尚、初期診断が完了したときに、マイコン 4 1 は、電源リレー 5 7 をオン状態にする。また、回生電流制御回路 7 0 の第 1 スイッチ S W 1 , 第 2 スイッチ S W 2 は、後述する異常が検出されないあいだは、マイコン 4 1 からのオン信号により常時オン状態（デューティ比 1 0 0 % ）に維持される。

【 0 0 4 7 】

本制御ルーチンが起動すると、マイコン 4 1 は、まず、ステップ S 1 1 において、車速センサ 2 2 によって検出された車速 v_x と、操舵トルクセンサ 2 1 によって検出した操舵トルク T_h を読み込む。

【 0 0 4 8 】

続いて、図 4 に示すアシストトルクテーブルを参照して、入力した車速 v_x および操舵トルク T_h に応じて設定される基本アシストトルク T_{as} を計算する（S 1 2）。アシストトルクテーブルは、マイコン 4 1 の R O M 内に記憶されるもので、操舵トルク T_h の増加にしたがって増加する基本アシストトルク T_{as} を設定する。この場合、基本アシストトルク T_{as} は、車速 v_x が低くなるほど大きな値となるように設定される。

【 0 0 4 9 】

尚、図 4 の特性グラフは、右方向の操舵トルク T_h に対する基本アシストトルク T_{as} の関係を示しているが、左方向の操舵トルク T_h に対する基本アシストトルク T_{as} の関係に関しては、図 4 の特性グラフを原点を中心に点对称の位置に移動した関係になる。また、本実施形態では、基本アシストトルク T_{as} をアシストトルクテーブルを用いて算出するようにしたが、アシストトルクテーブルに代えて操舵トルク T_h および車速 v_x に応じて変化する基本アシストトルク T_{as} を定義した関数を用意しておき、その関数を用いて基本アシストトルク T_{as} を計算するようにしてもよい。また、基本アシストトルク T_{as} の算出に関しては、必ずしも車速 v_x と操舵トルク T_h との組み合わせから算出する必要はなく、少なくとも操舵状態に応じた検出信号に基づいて行えばよい。

【 0 0 5 0 】

続いて、マイコン 4 1 は、ステップ S 1 3 において、この基本アシストトルク T_{as} に補償トルクを加算して目標トルク T^* を算出する。この補償トルクは、必ずしも必要としないが、例えば、操舵角 θ に比例して大きくなるステアリングシャフト 1 2 の中立位置への復帰力と、操舵角速度 ω に比例して大きくなるステアリングシャフト 1 2 の回転に対向する抵抗力に対応した戻しトルクとの和として計算する。この計算に当たっては、回転角

センサ 2 3 にて検出した電動モータ 1 5 の回転角 θ および電動モータ 1 5 の角速度 ω を入力して算出する。

次に、マイコン 4 1 は、ステップ S 1 4 において、目標トルク T^* を発生させるために必要な目標電流 I^* を計算する。目標電流 I^* は、目標トルク T^* をトルク定数で除算することにより求められる。

【 0 0 5 1 】

続いて、マイコン 4 1 は、その処理をステップ S 1 5 に進め、目標電流 I^* と実電流 I_x との偏差 ΔI を算出し、この偏差 ΔI に基づく P I 制御（比例積分制御）により目標指令電圧 V^* を計算する。ステップ S 1 5 の演算に用いられる実電流 I_x は、電流センサ 4 6 により検出した電動モータ 1 5 に流れる電流値である。

10

目標指令電圧 V^* は、例えば、下記式により計算する。

$$V^* = K_p \cdot \Delta I + K_i \cdot \int \Delta I \, dt$$

ここで K_p は、P I 制御における比例項の制御ゲイン、 K_i は、P I 制御における積分項の制御ゲインである。

【 0 0 5 2 】

そして、マイコン 4 1 は、ステップ S 1 6 において、目標指令電圧 V^* に応じた P W M 制御信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 を介してモータ駆動回路 4 5 に出力する。この場合、目標指令電圧 V^* に応じたデューティ比のパルス信号列が P W M 制御信号として出力される。例えば、電動モータ 1 5 に左回転トルクを発生させる場合には、アームスイッチ S L H とアームスイッチ S L L とが目標指令電圧 V^* に応じたデューティ比で同一タイミングでオン・オフ制御される。また、電動モータ 1 5 に右回転トルクを発生させる場合には、アームスイッチ S R H とアームスイッチ S R L とが目標指令電圧 V^* に応じたデューティ比で同一タイミングでオン・オフ制御される。こうして、電動モータ 1 5 には、操舵方向に回転する向きに目標電流 I^* が流れる。この結果、電動モータ 1 5 は、目標トルク T^* に等しいトルクを出力し、運転者の操舵操作をアシストする。

20

【 0 0 5 3 】

続いて、マイコン 4 1 は、ステップ S 1 7 において、モータ駆動回路 4 5 およびモータ電源系統の異常チェックを行う。モータ電源系統の異常としては、例えば、駆動電源供給ライン 5 5 の断線、地絡等により電動モータ 1 5 に電源供給できない異常、あるいは、何らかの要因で電源供給電圧が上昇してしまう異常など挙げられる。こうしたモータ電源系統の異常チェックは、例えば、駆動電源供給ライン 5 5 の電圧を検出し、この電圧が規定電圧範囲から外れているときに異常であると判断すればよい。

30

【 0 0 5 4 】

また、モータ駆動回路 4 5 の異常チェックは、例えば、電流センサ 4 6 にて検出される実電流 I_x に基づいて、実電流 I_x が目標電流 I^* に対して少なすぎる場合にはオープン故障、実電流 I_x が目標電流 I^* に対して多すぎる場合には、ショート故障が発生していると判断する。あるいは、電動モータ 1 5 の端子間電圧をモニタすることによりモータ駆動回路 4 5 の異常検出を行うこともできる。例えば、図 9 に示すように、通電ライン 4 7 にモータ電圧検出回路 1 0 0 を設けてモータ駆動回路 4 5 のアームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L の故障を検知してもよい。

40

【 0 0 5 5 】

このモータ電圧検出回路 1 0 0 は、通電ライン 4 7 a を抵抗体 R_a を介して電源（12 V）と接続し、通電ライン 7 4 a のグラウンドに対する電位を表す電圧信号（以下、この電圧値を電圧 V_a と呼ぶ）を電子制御回路 4 0 の入出力インタフェース 4 2 に供給する A 電圧検出部 1 0 1 と、通電ライン 4 7 b を抵抗体 R_b を介してグラウンドと接続し、通電ライン 7 4 b のグラウンドに対する電位を表す電圧信号（以下、この電圧値を電圧 V_b と呼ぶ）を電子制御回路 4 0 の入出力インタフェース 4 2 に供給する B 電圧検出部 1 0 2 とを備える。2 つの抵抗体 R_a , R_b の抵抗値は同一であり、電動モータ 1 5 の抵抗値に対して非常に大きな値に設定されている。

【 0 0 5 6 】

50

例えば、アームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L が全て正常であれば、電動モータ 1 5 に駆動指令が出力されていないときは、電圧 V a と電圧 V b とはともに 6 V (1 2 V / 2) となり、電動モータ 1 5 の左回転駆動指令が出力されているときには、左上アームスイッチ S L H と左アームスイッチ S L L とがオンされたため、電圧 V a は 1 2 V 、電圧 V b は 0 V となり、電動モータ 1 5 の右回転駆動指令が出力されているときには、右上アームスイッチ S R H と右下アームスイッチ S R L とがオンされたため、電圧 V a は 0 V 、電圧 V b は 1 2 V となる。マイコン 4 1 は、アームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L に出力した P W M 制御信号に対して、上記想定される電圧値が検出されないときに、アームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L の何れかに故障が生じていると判断する。

10

【 0 0 5 7 】

例えば、電動モータ 1 5 の左回転駆動指令時において、左上アームスイッチ S L H がオープン故障していれば電圧 V a が 0 V となり正常値 1 2 V と相違する。また、左下アームスイッチ S L L がオープン故障していれば電圧 V b が 1 2 V となり適正值 0 V と相違する。同様に、電動モータ 1 5 の右回転駆動指令時においても、右上アームスイッチ S R H あるいは右下アームスイッチ S R L のオープン故障に対して、電圧 V a , 電圧 V b が正常値に対して相違する。また、ショート故障に関しても同様であり、上アーム回路 4 5 H の何れかのアームスイッチ S L H , S R H がショート故障した場合には、電圧 V a , 電圧 V b が 1 2 V となり、下アーム回路 4 5 L の何れかのアームスイッチ S R L , S L L がショート故障した場合には電圧 V a , 電圧 V b が 0 V となる。このように、電動モータ 1 5 の制御状態と、モータ電圧検出回路 1 0 0 で検出される電圧によりモータ駆動回路 4 5 の異常を検出することができる。

20

【 0 0 5 8 】

このようなステップ S 1 7 を行うマイコン 4 1 の機能部が本発明の異常検出手段に相当する。こうして、ステップ S 1 7 において、異常チェック処理が完了すると本アシスト制御ルーチンを一旦終了する。本制御ルーチンは、イグニッションスイッチ 6 0 がオフされるまでのあいだ所定の短い周期で繰り返し実行されるが、ステップ S 1 7 において異常が検出された場合には、その時点で中止され、代わりに異常時回生制動制御処理が開始される。

30

【 0 0 5 9 】

異常検出によりアシスト制御ルーチンが中止されると、電動モータ 1 5 で発生していた操舵アシストトルクが急に消失する。このため、運転者が大きく操舵操作していた場合には、車輪を中立位置に戻そうとする路面からの逆入力により操舵ハンドル 1 1 が急に戻される。従って、運転者は、操舵ハンドル 1 1 の操舵力を急に増加させる必要がある。そこで、以下に説明する異常時回生制動制御処理を行うことにより、操舵ハンドル 1 1 に伝達される中立位置への戻り力を抑制して、運転者の負担を軽くする。

【 0 0 6 0 】

異常時回生制動制御処理について説明する。図 5 は、マイコン 4 1 により行われる異常時回生制動制御ルーチンを表す。この異常時回生制動制御ルーチンは、マイコン 4 1 の R O M 内に制御プログラムとして記憶され、上述したアシスト制御ルーチンのステップ S 1 7 においてモータ駆動回路 4 5 およびモータ電源系統の異常が検出されたときに起動する。

40

【 0 0 6 1 】

異常時回生制動制御ルーチンが起動すると、マイコン 4 1 は、ステップ S 2 1 において、電源リレー 5 7 に対して出力していたオン信号を停止して、電源リレー 5 7 をオフ状態にする。これにより、モータ駆動回路 4 5 への電源供給が遮断される。従って、モータ駆動回路 4 5 や電動モータ 1 5 の損傷防止を図ることができる。

【 0 0 6 2 】

続いて、マイコン 4 1 は、ステップ S 2 2 において、モータ駆動回路 4 5 の全てのアームスイッチ S L H , S R H , S R L , S L L に対してオン信号を出力する。例えば、デュ

50

ーティ比100%のPWM制御信号を第1ブリッド回路43に出力して、アームスイッチSLH, SRH, SRL, SLLをオン状態にする。このとき、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2は、上述したアシスト制御から引き続きオン状態(デューティ比100%)に維持されている。従って、電動モータ15の端子間に通電ライン47とモータ駆動回路45(Hブリッジ回路)とで閉回路が形成される。つまり、電動モータ15と通電ライン47とモータ駆動回路45とからなる閉回路が形成される。これにより、電動モータ15の端子間が短絡されるため、路面からの逆入力(車輪に働いた場合には、それに伴って回転する電動モータ15が発電機となって回生制動力を発生させる。従って、操舵アシストトルクが急に消失しても、電動モータ15は、操舵ハンドル11が中立位置へ戻ろうとする力を抑制する。

10

【0063】

図7は、一例として、モータ駆動回路45の左上アームスイッチSLHがオープン故障した場合とショート故障した場合、モータ駆動回路45の右下アームスイッチSRLがオープン故障した場合とショート故障した場合のそれぞれについて、電動モータ15の回転方向に応じた回生電流の流れを表した図である。例えば、左上アームスイッチSLHがオープン故障した場合、電動モータ15の左右どちらの回転に対しても、モータ駆動回路45の下アーム回路45Lと通電ライン47とにより、電動モータ15の端子間を短絡する閉回路が形成される(図7(a), (b))。また、右下アームスイッチSRLがオープン故障した場合、電動モータ15の左右どちらの回転に対しても、モータ駆動回路45の上アーム回路45Hと通電ライン47とにより、電動モータ15の端子間を短絡する閉回路が形成される(図7(c), (d))。

20

【0064】

また、左上アームスイッチSLHがショート故障した場合、および、右下アームスイッチSRLがショート故障した場合においては、電動モータ15の左右どちらの回転に対しても、モータ駆動回路45の上アーム回路45Hと下アーム回路45Lとの並列回路と通電ライン47とにより、電動モータ15の端子間を短絡する閉回路が形成される(図7(e), (f), (g), (h))。また、他のアームスイッチSRH, SLLのオープン故障、ショート故障についても、同様に閉回路が形成される。尚、上アーム回路45HのアームスイッチSLH(SRH)と下アーム回路45LのアームスイッチSRL(SLL)とが同時にオープン故障するケースにおいては閉回路を形成できないが、こうしたケースは非常に稀である。

30

【0065】

このように、異常を検出したときに、モータ駆動回路45の電源を遮断し、その後、モータ駆動回路45の全てのアームスイッチSLH, SRH, SRL, SLLに対してオン信号を出力することにより電動モータ15の端子間を短絡する処理(S21, S22)を行うマイコンの機能部が本発明の制動手段に相当する。

【0066】

次に、マイコン41は、ステップS23において、タイマによる計時を開始する。続いて、ステップS24において、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2のデューティ比をタイマ値(経過時間)に応じて設定する。この回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2は、上述したアシスト制御中においては、デューティ比100%にて維持されているが、異常時回生制動制御が開始されると、図6に示すように、時間経過とともにデューティ比が100%から減少していくように設定される。図6の特性図においては、デューティ比が時間経過に対して曲線状に変化するように設定されているが、これは、デューティ比の減少率に対して回生電流の減少率が相違するためであって、回生電流としては時間経過とともに徐々に減少するように設定されている。尚、タイマ値とデューティ比との関係は、予め参照マップあるいは関数等によりマイコン41のROM内に記憶されている。

40

【0067】

続いて、マイコン41は、ステップS25において、タイマ値に応じて設定されたデュー

50

ーティ比となるPWM制御信号を第2ブリッドドライブ回路44に出力する。これにより、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2は、ともに指定されたデューティ比にてオンオフする。次に、マイコン41は、ステップS26において、タイマ値が予め設定した設定時間に達したか否かを判断する。タイマ値が設定時間に達していないあいだ(S26:No)は、その処理がステップS24に戻される。従って、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2は、設定時間のあいだ、時間経過とともに減少するデューティ比にてオンオフする。

【0068】

回生電流制御回路70は、第1スイッチSW1、第2スイッチSW2を、寄生ダイオードの向きが互いに反対方向に向くように通電ライン47bに直列接続して構成されるため、電動モータ15の回転方向にかかわらず、通電ライン47に流れる電流量の制御と電流遮断とを行うことができる。この場合、時間経過とともにデューティ比が減少していくため、通電ライン47の抵抗値が増大し回生電流が流れにくくなっていく。従って、電動モータ15の回生制動力は徐々に弱まっていく。回生制動力は、路面からの逆入力により操舵ハンドルが中立位置に戻ろうとする力を抑制するが、一方で、運転者の意図した操舵操作を邪魔するものでもある。そこで、本実施形態においては、操舵アシスト停止時に急に加わるハンドル戻り力を抑えた後は、回生制動力を時間経過とともに弱めることにより、操舵感覚を急変させずに運転者の意図した操舵操作を行いやすくしていく。

【0069】

タイマ値が予め設定した設定時間に達すると(S26:Yes)、マイコン41は、ステップS27において、モータ駆動回路45の全てのアームスイッチSLH,SRH, SRL,SLLをオフ状態にするオフ信号を第1ブリッドドライブ回路43に出力する。このとき、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2もオフ状態とされる。従って、仮に、アームスイッチSLH,SRH,SRL,SLLがショート故障している場合であっても、回生電流制御回路70により電動モータ15の端子間が開放される。異常時回生制動制御ルーチンは、ステップS27の処理が完了すると終了する。

【0070】

このように、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2のデューティ比を制御することにより回生制動力を調整するマイコン41の機能部(S24~S25)が、本発明の制動力制御手段に相当する。

【0071】

ところで、こうした異常時回生制動制御処理は、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2が故障しているときには適正に行うことができない。そこで、本実施形態の電動パワーステアリング装置においては、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1、第2スイッチSW2の故障診断を行う機能を備えている。この故障診断は、イグニッションスイッチ60がオンされたシステム起動時、つまり、マイコン41がシステム内の初期診断を行うときに実行される。図8は、マイコン41により実行される初期故障診断ルーチンを表す。この初期故障診断ルーチンは、マイコン41のROM内に制御プログラムとして記憶されている。尚、上述したモータ電圧検出回路100(図9)を備えている場合には、抵抗体Ra,抵抗体Rbを通電ライン47a,47bから切り離しておくようにする。

【0072】

故障診断ルーチンが起動すると、マイコン41は、ステップS31において、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1と第2スイッチSW2とをオフ状態にするオフ信号を第2ブリッドドライブ回路44に出力し、ステップS32において、モータ駆動回路45の全てのアームスイッチSLH,SRH,SRL,SLLをオフ状態にするオフ信号を第1ブリッドドライブ回路43に出力する。次に、マイコン41は、ステップS33において、電源リレー57にオン信号を出力してモータ駆動回路45に電源を供給する。

【0073】

続いて、マイコン41は、ステップS34において、モータ駆動回路45の左上アーム

10

20

30

40

50

スイッチ S L H をオン状態にするオン信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に出力し、次に、ステップ S 3 5 において、第 1 電圧測定部 8 1 から第 1 検出電圧 V 1 を表す電圧信号を、第 2 電圧測定部 8 2 から第 2 検出電圧 V 2 を表す電圧信号をそれぞれ読み込む。このとき、回生電流制御回路 7 0 の第 1 スイッチ S W 1 が正常な電流遮断機能を備えていれば、第 1 検出電圧 V 1 は $V 0 / 2$ となるはずであり、第 2 検出電圧 V 2 は 0 (グランド電位) となるはずである。尚、V 0 は、モータ駆動回路 4 5 に供給される電源電圧である。そこで、マイコン 4 1 は、第 1 検出電圧 V 1 が $V 0 / 2$ であり、かつ、第 2 検出電圧 V 2 が 0 となっているかについて判定する。判定結果が「 N o 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 3 6 において、第 1 スイッチ S W 1 がショート故障していると判断して、その処理をステップ S 3 7 に進める。

10

【 0 0 7 4 】

一方、判定結果が「 Y e s 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 3 7 において、モータ駆動回路 4 5 の左上アームスイッチ S L H をオフ状態にするオフ信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に出力し、続いて、ステップ S 3 8 において、右上アームスイッチ S R H をオン状態にするオン信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に出力する。この状態においては、回生電流制御回路 7 0 の第 2 スイッチ S W 2 が正常な電流遮断機能を備えていれば、第 1 検出電圧 V 1 は 0、第 2 検出電圧 V 2 は $V 0 / 2$ となるはずである。そこで、マイコン 4 1 は、ステップ S 3 9 において、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 とを読み込み、第 1 検出電圧 V 1 が 0 であり、かつ、第 2 検出電圧 V 2 が $V 0 / 2$ となっているかについて判定する。判定結果が「 N o 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 0 において、第 2 スイッチ S W 2 がショート故障していると判断して、その処理をステップ S 4 1 に進める。

20

【 0 0 7 5 】

一方、判定結果が「 Y e s 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 1 において、モータ駆動回路 4 5 の右上アームスイッチ S R H をオフ状態にするオフ信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に出力する。続いて、ステップ S 4 2 において、モータ駆動回路 4 5 の左上アームスイッチ S L H をオン状態にするオン信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に、回生電流制御回路 7 0 の第 1 スイッチ S W 1 をオン状態にするオン信号を第 2 ブリドライブ回路 4 4 にそれぞれ出力する。この状態においては、第 1 スイッチ S W 1 が正常な導通機能を備えていれば、第 2 スイッチ S W 2 の寄生ダイオードに電流が流れるため、第 1 電圧測定部 8 1 と第 2 電圧測定部 8 2 との両方に電源電圧 V 0 が印加され、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 は、ともに $V 0 / 2$ となるはずである。そこで、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 3 において、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 とを読み込み、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 とがともに $V 0 / 2$ となっているかについて判定する。判定結果が「 N o 」であれば、マイコンは、ステップ S 4 4 において、第 1 スイッチ S W 1 がオープン故障していると判断して、その処理をステップ S 4 5 に進める。

30

【 0 0 7 6 】

一方、判定結果が「 Y e s 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 5 において、モータ駆動回路 4 5 の左上アームスイッチ S L H をオフ状態にするオフ信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に、回生電流制御回路 7 0 の第 1 スイッチ S W 1 をオフ状態にするオフ信号を第 2 ブリドライブ回路 4 4 に出力する。続いて、ステップ S 4 6 において、モータ駆動回路 4 5 の右上アームスイッチ S R H をオン状態にするオン信号を第 1 ブリドライブ回路 4 3 に、回生電流制御回路 7 0 の第 2 スイッチ S W 2 をオン状態にするオン信号を第 2 ブリドライブ回路 4 4 にそれぞれ出力する。この状態においては、第 2 スイッチ S W 2 が正常な導通機能を備えていれば、第 1 スイッチ S W 1 の寄生ダイオードに電流が流れるため第 1 電圧測定部 8 1 と第 2 電圧測定部 8 2 との両方に電源電圧 V 0 が印加され、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 は、ともに $V 0 / 2$ となるはずである。そこで、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 7 において、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 とを読み込み、第 1 検出電圧 V 1 と第 2 検出電圧 V 2 とがともに $V 0 / 2$ となっているかについて判定する。判定結果が「 N o 」であれば、マイコン 4 1 は、ステップ S 4 8 において、第 2 スイッ

40

50

チSW2がオープン故障していると判断して、その処理をステップS49に進める。

【0077】

一方、判定結果が「Yes」であれば、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1と第2スイッチSW2とは、ともに正常であると判断される。そして、マイコン41は、ステップS49において、モータ駆動回路45の右上アームスイッチSRHをオフ状態にするオフ信号を第1ブリッド回路43に、回生電流制御回路70の第2スイッチSW2をオフ状態にするオフ信号を第2ブリッド回路44にそれぞれ出力する。

【0078】

こうして、回生電流制御回路70の第1スイッチSW1と第2スイッチSW2との故障診断が終了すると、マイコン41は、ステップS50において、故障が検出されなかったか否かを判断し、故障が検出されなかった場合には、ステップS51において、アシスト制御の開始を許可するとともに異常時回生制動制御についても許可する。一方、故障が検出されている場合には(S50:No)、ステップS52において、その故障の種類がオープン故障であるか否かを判断する。

【0079】

オープン故障である場合(S52:Yes)には、電動モータ15を適正に通電できないため、ステップS53において、アシスト制御および異常時回生制動制御を禁止する。同時に、図示しないウォーニングランプを点灯する。また、ショート故障である場合(S52:No)には、アシスト制御の実行に関しては支障がないため、ステップS54において、アシスト制御の開始を許可するとともに異常時回生制動制御については禁止する。同時に、図示しないウォーニングランプを点灯する。

【0080】

こうして、ステップS51、ステップS53、ステップS54の何れかの処理が行われると、初期故障診断ルーチンを終了する。この初期故障診断ルーチンを行うマイコン41の機能部が本発明の初期診断手段に相当する。尚、ステップS35、S39、S43、S47における電圧測定値(第1検出電圧V1、第2検出電圧V2)と設定電圧(V0/2や0)との比較判定は、完全一致を要求するものではなく、設定電圧に許容範囲を設けるものである。

【0081】

以上説明した本実施形態における電動パワーステアリング装置によれば、以下の作用効果を奏する。

1. モータ駆動回路45あるいはモータ電源系統の異常を検知したとき、モータ駆動回路45の電源を遮断し、電動モータ15の端子間をモータ駆動回路45(Hブリッジ回路)と通電ライン47とで短絡した閉回路を形成するため、電動モータ15に回生制動を働かせることができる。このため、操舵アシストトルクが急に消失しても、路面からの逆入力により操舵ハンドル11が中立位置に戻ろうとする力を抑制できる。

2. この回生制動時においては、通電ライン47に設けた回生電流制御回路70により、第1スイッチSW1、第2スイッチSW2のデューティ比を時間経過とともに減らして通電ライン47の抵抗値を増加させ、回生電流を徐々に減少させる。つまり、操舵アシスト停止時に急に加わるハンドル戻り力を抑えた後は、回生制動力を徐々に弱めることにより、操舵感覚を急変させずに運転者の意図した操舵操作を行いやすくする。このため、運転者は、正常時における操舵アシストが働いている状態から操舵アシストが停止された状態への移行に対して、適正に対応することができる。

3. 回生電流制御回路70は、2つのMOS-FETを、その寄生ダイオードが互いに反対方向に向くように直列接続して構成されるため、電流遮断機能と応答性のよい電流制御機能とを兼ね備え、電動モータ15に流す回生電流を適正に制御することができる。

4. 電動パワーステアリング装置のシステム起動時には、毎回、回生電流制御回路70の故障診断を行い、オープン故障時にはアシスト制御を禁止するため信頼性が向上する。また、ショート故障時にはアシスト制御が許可されるためアシスト機能を有効利用できるとともに、異常時回生制動制御を禁止するため無駄な制御処理を省

10

20

30

40

50

くことができる。

５．回生電流制御回路７０の故障診断は、モータ駆動回路４５のアームスイッチＳＬＨ，ＳＲＨ，ＳＲＬ，ＳＬＬへの制御信号（オン信号、オフ信号）と回生電流制御回路の第１，第２スイッチＳＷ１，ＳＷ２への制御信号（オン信号、オフ信号）との組み合わせに対して、第１検出電圧Ｖ１と第２検出電圧Ｖ２とが設定電圧になっているか否かを判断することにより行うため診断が容易である。

６．回生制動力を働かせる場合には、電源リレー５７をオフにした状態で、モータ駆動回路４５の全てのアームスイッチＳＬＨ，ＳＲＨ，ＳＲＬ，ＳＬＬに対してオン信号を出力して、電動モータ１５の端子間を通電ライン４７とモータ駆動回路４５とで短絡して閉回路を形成するため、モータ駆動回路４５の異常箇所や異常内容を特定しなくても回生制動を行うための閉回路を簡単に形成することができる。

10

【００８２】

以上、本実施形態の電動パワーステアリング装置について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

例えば、本実施形態においては、異常発生時から（アシスト停止から）の時間経過にあわせて、回生電流制御回路７０の第１スイッチＳＷ１，第２スイッチＳＷ２のデューティ比を減少させて通電ライン４７の抵抗値を増大させることにより回生電流を減少させているが、必ずしも時間経過とともに回生制動力を低下させる必要はない。例えば、運転者の操舵操作に基づいて、運転者の操舵操作を邪魔しないように、かつ、路面反力を抑制するように調整することもできる。

20

【００８３】

また、本実施形態においては、異常時回生制動制御を行うときに、モータ駆動回路４５の全てのアームスイッチＳＬＨ，ＳＲＨ，ＳＲＬ，ＳＬＬに対してオン信号を出力して閉回路を形成したが、異常の生じているアームスイッチおよび異常の種類（ショート故障あるいはオープン故障）を判別し、それに応じた特定のアームスイッチに対してオン信号を出力して閉回路を形成するようにしてもよい。

【００８４】

また、本実施形態においては、モータ駆動回路４５とモータ電源系統との両方の異常チェックを行って、何れか一方でも異常が検出されたときに異常時回生制動制御を実行する構成であるが、モータ駆動回路４５の異常チェックのみに基づいて異常時回生制動制御を実行する構成であってもよい。

30

【００８５】

また、本実施形態においては、回生電流制御回路７０の第１スイッチＳＷ１，第２スイッチＳＷ２としてＭＯＳ－ＦＥＴを用いたが他の種類のＦＥＴを採用することもできる。また、他の半導体素子を用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【００８６】

【図１】本発明の電動パワーステアリング装置の全体構成図である。

【図２】電動パワーステアリング装置における概略回路構成図である。

40

【図３】アシスト制御ルーチンを表すフローチャートである。

【図４】アシストトルクマップを表す特性図である。

【図５】異常時回生制動制御ルーチンを表すフローチャートである。

【図６】経過時間とデューティ比との関係を表す特性図である。

【図７】Ｈブリッジ回路の故障時に回生制動を行う閉回路を表す回路図である。

【図８Ａ】初期故障診断ルーチンを表すフローチャートの前半部である。

【図８Ｂ】初期故障診断ルーチンを表すフローチャートの後半部である。

【図９】モータ電圧検出回路を表す回路図である。

【図１０】従来技術において回生電流を制御できない状況を説明する回路図である。

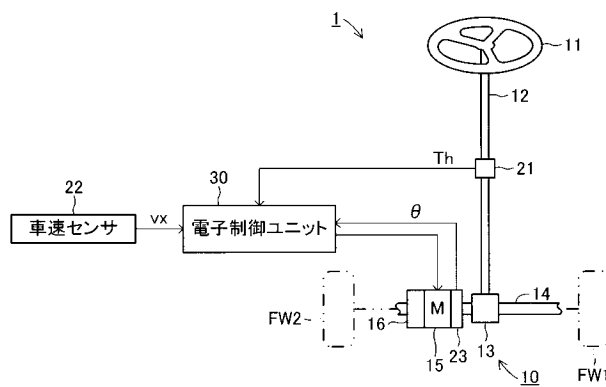
【符号の説明】

50

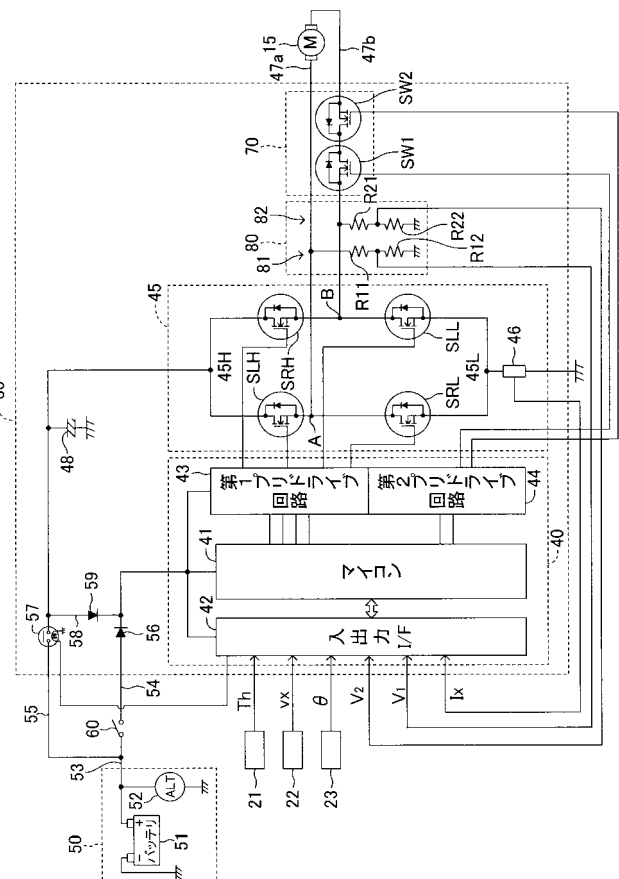
【 0 0 8 7 】

1 ... 電動パワーステアリング装置、15 ... 電動モータ、21 ... 操舵トルクセンサ、22 ... 車速センサ、30 ... 電子制御ユニット (ECU)、40 ... 電子制御回路、41 ... マイコン、43 ... 第1プリドライブ回路、44 ... 第2プリドライブ回路、45 ... モータ駆動回路 (Hブリッジ回路)、45H ... 上アーム回路、45L ... 下アーム回路、SLH, SRH, SRL, SLL ... アームスイッチ、47 ... 通電ライン、70 ... 回生電流制御回路、SW1 ... 第1スイッチ (MOS - FET)、SW2 ... 第2スイッチ (MOS - FET)、80 ... 異常検出回路、81 ... 第1電圧測定部、82 ... 第2電圧測定部、100 ... モータ電圧検出回路、R11, R12, R21, R22 ... 抵抗体 (電圧測定用抵抗)。

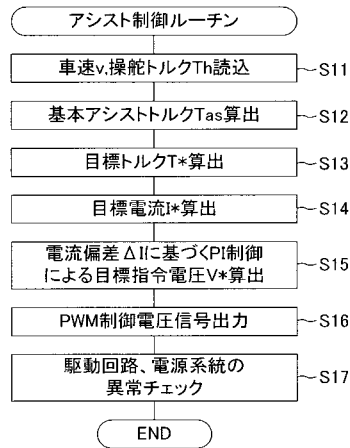
【 図 1 】



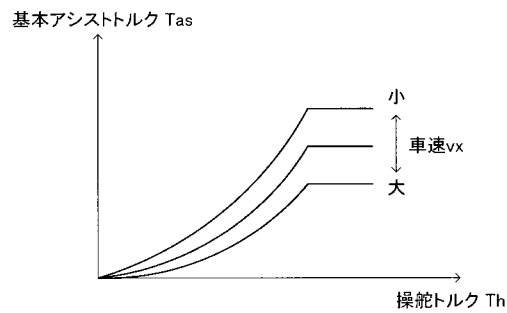
【 図 2 】



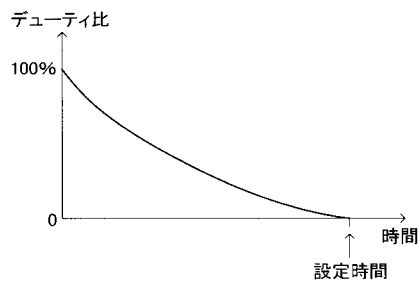
【図 3】



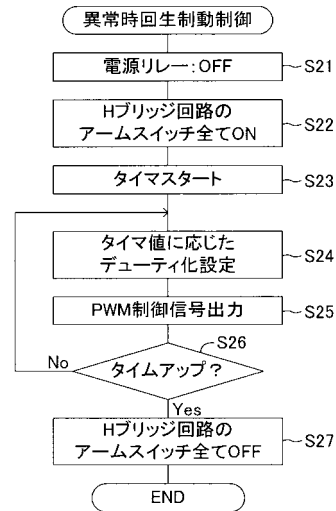
【図 4】



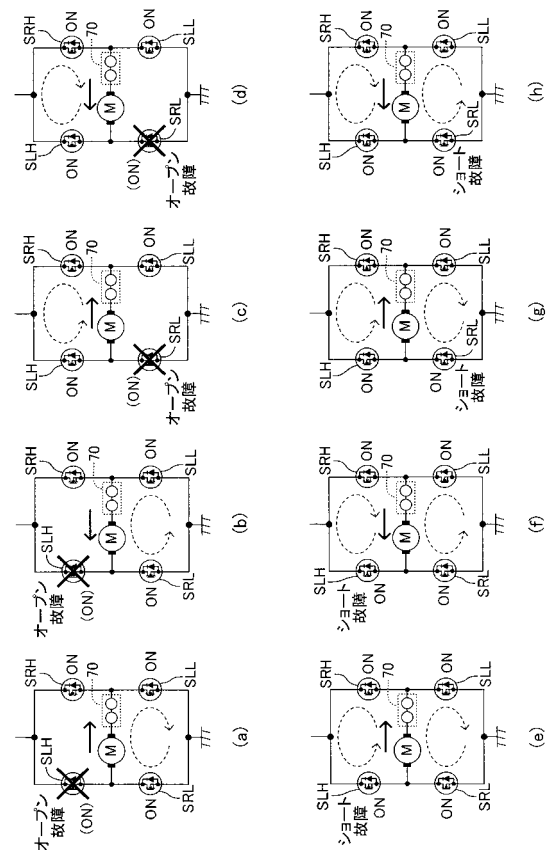
【図 6】



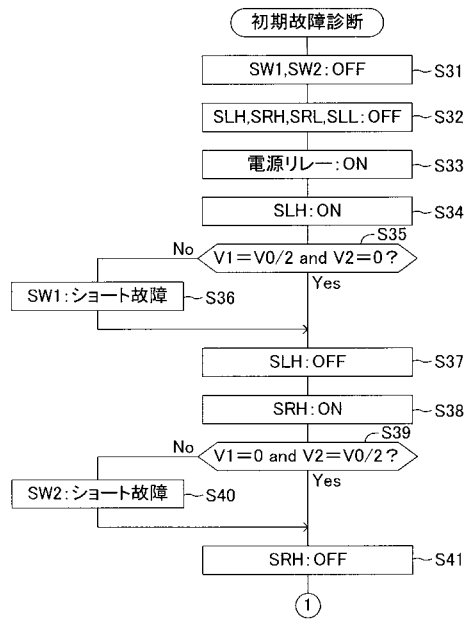
【図 5】



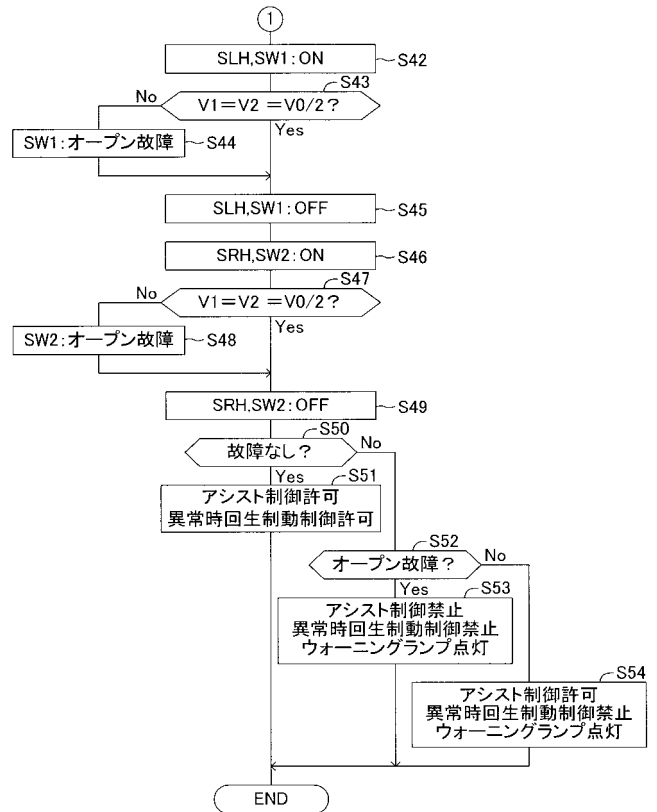
【図 7】



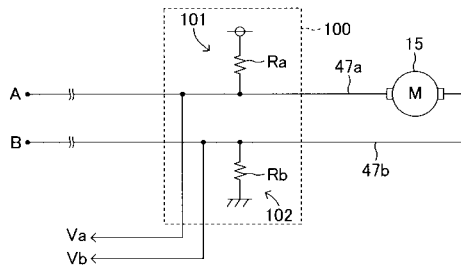
【図 8 A】



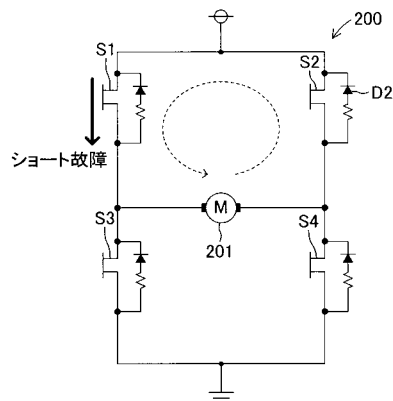
【図 8 B】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00	

F ターム(参考)	5H571	AA03	BB07	CC04	EE02	EE06	FF04	GG04	GG07	HA09	HD02
		JJ03	JJ17	JJ18	JJ24	KK06	LL13	LL22	LL23	LL28	LL29
		LL32	LL44	MM01	MM08						