

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6096080号
(P6096080)

(45) 発行日 平成29年3月15日 (2017.3.15)

(24) 登録日 平成29年2月24日 (2017.2.24)

(51) Int. Cl. F I
H02P 27/06 (2006.01) H02P 27/06

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-161791 (P2013-161791)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成25年8月2日 (2013.8.2)	(74) 代理人	100129425 弁理士 小川 護晃
(65) 公開番号	特開2015-33242 (P2015-33242A)	(74) 代理人	100087505 弁理士 西山 春之
(43) 公開日	平成27年2月16日 (2015.2.16)	(74) 代理人	100168642 弁理士 関谷 充司
審査請求日	平成28年2月17日 (2016.2.17)	(74) 代理人	100078330 弁理士 笹島 富二雄
		(72) 発明者	坂下 登美夫 群馬県伊勢崎市柏川町1671番地1 日立オートモティブシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ駆動制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3相を有するモータを駆動する駆動回路と、

前記モータの各相のコイルと中性点との間に1つずつ介挿された半導体スイッチング素子と、

前記駆動回路及び前記半導体スイッチング素子を制御する制御回路と、
を備えたモータ駆動制御装置であって、

3相のうち少なくとも2相のコイルと中性点との間に介挿された半導体スイッチング素子は、夫々、その等価回路において、スイッチ動作を行う1つのスイッチング部と、前記スイッチング部をバイパスするバイパスラインで少なくとも2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部と、を備え、

前記駆動回路と前記各相のコイルとを結ぶ通電ラインのうち、1相に対する通電ラインと電源とを接続する第1電圧安定化手段を設け、前記1相以外の他の2相に対する通電ラインとグラウンドとを接続する第2電圧安定化手段を設けたことを特徴とするモータ駆動制御装置。

【請求項2】

前記駆動回路の動作を停止させた状態で、前記1相のコイルと中性点との間に介挿された半導体スイッチング素子をオンにし、前記他の2相のコイルと中性点との間に介挿された半導体スイッチング素子をオフにした場合に、前記他の2相に対する通電ラインに生じる電圧に基づいて、前記他の2相の半導体スイッチング素子の故障を診断することを特徴

10

20

とする請求項 1 に記載のモータ駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータを駆動制御するモータ駆動制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

モータ駆動制御装置として、ブラシレスモータを駆動する駆動回路、ブラシレスモータの各相のコイルと中性点との間に介装された半導体リレー、並びに、駆動回路及び半導体リレーを制御する制御回路を備えたものが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

10

【0003】

かかる半導体リレーは、各相のコイルと駆動回路との間の通電ラインなどにおける地絡や相間短絡による意図しない閉回路の形成を遮断する遮断器として機能するため、ブラシレスモータが、例えば、電動パワーステアリング装置におけるアシストモータとして用いられた場合には、地絡や相間短絡が発生しても、これらに起因して形成される閉回路を開放して操舵力補助の継続を可能にしている。

【0004】

ここで、半導体リレーが、その構造上、必然的に形成される寄生ダイオードを有するものである場合、半導体リレーのスイッチ動作を行うスイッチング部をオフにしても、寄生ダイオードの順方向に電流が流れてしまって閉回路の形成を回避できないケースがあり得るため、特許文献 1 には、各相において、2つの半導体リレーを寄生ダイオードの順方向が互いに逆となるように直列に接続してコイルと中性点との間に介挿したものが開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 295658 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

しかしながら、各相において介装される半導体リレーの数が 2 つとなると、各相のインピーダンスが 2 倍となってモータ効率を低下させてしまうとともに、部品点数の増加によりモータの製品コストに影響を与えるおそれがある。

【0007】

そこで、本発明は以上のような従来の問題点に鑑み、半導体リレーの数を増加させることなく、地絡や相間短絡による閉回路の形成を回避するモータ駆動制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

このため、本発明に係るモータ駆動制御装置は、3相を有するモータを駆動する駆動回路と、モータの各相のコイルと中性点との間に 1 つずつ介挿された半導体スイッチング素子と、駆動回路及び半導体スイッチング素子を制御する制御回路と、を備えることを前提とする。かかるモータ駆動制御装置では、3相のうち少なくとも 2 相のコイルと中性点との間に介挿された半導体スイッチング素子が、夫々、その等価回路において、スイッチ動作を行う 1 つのスイッチング部と、スイッチング部をバイパスするバイパスラインで少なくとも 2 つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部と、を備え、駆動回路と各相のコイルとを結ぶ通電ラインのうち、1 相に対する通電ラインと電源とを接続する第 1 電圧安定化手段を設け、この 1 相以外の他の 2 相に対する通電ラインとグラウンドとを接続する第 2 電圧安定化手段を設けている。

50

【発明の効果】

【0009】

本発明のモータ駆動制御装置によれば、半導体リレーの数を増加させることなく、地絡や相間短絡の発生に起因した閉回路の形成を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】電動パワーステアリングシステムの一例を示す概略図である。

【図2】モータ駆動制御装置の第1実施形態を示す説明図である。

【図3】半導体リレーの一例を示す構造断面図である。

【図4】モータ故障診断処理を示すフローチャートである。

10

【図5】地絡による閉回路の発生を説明する説明図である。

【図6】相間短絡による閉回路の発生を説明する説明図である。

【図7】順方向が単一のダイオード部を有する半導体リレーを1つ介挿したブラシレスモータを示す説明図である。

【図8】順方向が単一のダイオード部を有する半導体リレーを2つ介挿したブラシレスモータを示す説明図である。

【図9】モータ駆動制御装置の第2実施形態を示す説明図である。

【図10】半導体リレーの故障診断処理を示すフローチャートである。

【図11】半導体リレーの組み合わせを示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0011】

以下、添付された図面を参照し、本発明を実施するための第1実施形態について詳述する。

図1は、電動パワーステアリングシステムの一例を示す。

【0012】

電動パワーステアリングシステム10は、運転者による操舵操作が入力されるステアリングホイール12と、ステアリングホイール12に接続されるステアリングシャフト14と、ステアリングシャフト14と第1のユニバーサルジョイント16を介して接続される中間シャフト18と、中間シャフト18と第2のユニバーサルジョイント20を介して接続されるピニオンシャフト22と、ピニオンシャフト22と一体に回転するピニオンギア24と、ピニオンギア24と噛み合いピニオンギア24の回転運動を直線運動に変換するラックギア26と、ラックギア26の運動を操向輪28に伝達するタイロッド30と、を備えている。

30

【0013】

また、電動パワーステアリングシステム10は、運転者の操舵操作による操舵力を補助するために、操舵補助力の動力源であるアシストモータとしてのブラシレスモータ32と、ブラシレスモータ32の出力を減速してステアリングシャフト14に伝達する減速機34と、運転者の操舵操作による操舵トルクを検出するトルクセンサ36と、ブラシレスモータ32を駆動制御するモータ駆動制御装置(インバータ装置)38と、を備えている。

【0014】

40

トルクセンサ36は、運転者がステアリングホイール12を回動させたとき、このステアリングホイール12からステアリングシャフト14を介してピニオンギア24に伝達されるトルクを検出し、このトルクに応じたトルク信号を出力する。トルクセンサ36は、例えば、ステアリングシャフト14に歪ゲージを取り付けてステアリングシャフト14の捩れ量を検出し、あるいは、ステアリングシャフト14の途中にトーションバーなどのねじれバネ機構を介挿してバネ機構の捩れ量を検出し、この捩れ量に基づいてトルクを演算する。

【0015】

減速機34は、例えば、ねじ歯車(ウォーム)と、ステアリングシャフト14に同心に固定されたはす歯歯車(ウォームホイール)と、を組み合わせたウォームギアを含む減速

50

機構、又は遊星ギアを含む減速機構などで実現され、減速機 3 4 にウォームギアを用いる場合には、ブラシレスモータ 3 2 の出力軸 3 2 a をウォームへ同心に接続することで、ブラシレスモータ 3 2 の出力は、ウォームと噛合するウォームホイールを介してステアリングシャフト 1 4 に伝達される。

【 0 0 1 6 】

図 2 は、ブラシレスモータ 3 2 及びモータ駆動制御装置 3 8 の内部構成の一例を示す。

ブラシレスモータ 3 2 は、3 相の直流同期電動機であり、U 相、V 相、及び W 相の 3 相のコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w を、図示省略した円筒状のステータ（固定子）に備え、各相のコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w の一端を互いに接続してスター結線を構成している。また、ステータの中央部に形成した空間に図示省略したロータ（永久磁石回転子）を回

10

【 0 0 1 7 】

モータ駆動制御装置 3 8 は、ブラシレスモータ 3 2 を駆動する駆動回路（インバータ回路）4 0 と、ロータの磁極位置を検出する磁極位置検出手段 4 2 と、駆動回路 4 0 を制御する制御器（制御回路）4 4 と、を備えている。

【 0 0 1 8 】

駆動回路 4 0 は、スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b が 3 相ブリッジ接続された回路を有し、この回路には、図示省略の電源回路から電圧 V b が供給されている。すなわち、上側スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 v a , 4 0 w a の一端が電源回路と接続され、他端が下側スイッチング素子 4 0 u b , 4 0 v b , 4 0 w b の一端と接続され、下側スイッチング素子 4 0 u b , 4 0 v b , 4 0 w b の他端は、グランドに接続されている。

20

【 0 0 1 9 】

駆動回路 4 0 において、スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b は、例えば、F E T（Field Effect Transistor）、I G B T（Insulated Gate Bipolar Transistor）、又はバイポーラトランジスタなど、スイッチ動作を行わせることができる半導体素子で構成され、逆並列のダイオード 4 0 u d a , 4 0 u d b , 4 0 v d a , 4 0 v d b , 4 0 w d a , 4 0 w d b を夫々含んでなる。スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b の制御端子（ゲート端子）は、制御器 4 4 に接続され、スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b のオン/オフは、後述のように、制御器 4 4 による P W M（Pulse Width Modulation）動作で制御される。

30

【 0 0 2 0 】

また、駆動回路 4 0 において、グランドと下側スイッチング素子 4 0 u b , 4 0 v b , 4 0 w b との間には、シャント抵抗 4 6 u , 4 6 v , 4 6 w が介挿されている。シャント抵抗 4 6 u , 4 6 v , 4 6 w のそれぞれの両端は、制御器 4 4 内の電流検出回路（図示省略）に接続され、電流検出回路において、シャント抵抗 4 6 u , 4 6 v , 4 6 w のそれぞれの両端における電圧に基づいてブラシレスモータ 3 2 に流れる電流が検出される。

【 0 0 2 1 】

磁極位置検出手段 4 2 は、レゾルバ、ホール素子、ホール I C、磁気抵抗素子、ロータリーエンコーダなど、接触式又は非接触式を問わず、様々なセンサを用いることが可能であり、ロータの磁極位置に応じた磁極位置信号を制御器 4 4 へ出力する。

40

【 0 0 2 2 】

制御器 4 4 は、マイクロコンピュータを有し、トルクセンサ 3 6 からのトルク信号、シャント抵抗 4 6 u , 4 6 v , 4 6 w における電流検出値、及び磁極位置検出手段 4 2 からの磁極位置信号に基づいて、モータ印加電圧を制御するためのモータ電圧指令値を演算し、そのモータ電圧指令値に対応したモータ電圧指令信号を P W M 搬送波（三角波）で変調する。そして、制御器 4 4 は、幅が変調された 6 つの P W M 信号に基づいて、各スイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b の制御端子に入

50

力されるゲート駆動信号を生成し、スイッチング素子 40 u a , 40 u b , 40 v a , 40 v b , 40 w a , 40 w b の制御端子に夫々出力する。

【0023】

ここで、モータ駆動制御装置 38 は、ブラシレスモータ 32 の各相のコイル 32 u , 32 v , 32 w と駆動回路 40 との間の通電ラインなどにおける地絡や相間短絡による意図しない閉回路を開放する半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w を更に備え、半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w は、ブラシレスモータ 32 における各相のコイル 32 u , 32 v , 32 w と中性点 32 n との間に1つずつ介挿され、制御器 44 により個別もしくは同時に制御される。

【0024】

半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w は、夫々、その等価回路において、スイッチ動作を行う1つのスイッチング部 48 u s , 48 v s , 48 w s と、スイッチング部 48 u s , 48 v s , 48 w s をバイパスするバイパスラインで2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部 48 u d , 48 v d , 48 w d と、を備えているものである。

【0025】

半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w は、例えば、その構造上、必然的に形成される寄生ダイオードに加え、ショットキバリアダイオード(以下、「SBD」という)を内蔵させた MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などの半導体スイッチング素子としてもよい。このような半導体スイッチング素子は、例えば、特開平7-15009号公報や特開2010-81536号公報などに開示されている公知のものである。

【0026】

図3は、半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w の一例として、Nチャネルの縦型 MOSFET の構造断面図を示す。

半導体リレー 48 u , 48 v , 48 w に適用されるNチャネルの縦型 MOSFET は、夫々、ドレイン領域 100、ベース領域 102、ソース領域 104、ドレイン領域 100 に接続されたドレイン電極 106、ソース領域 104 及びベース領域 102 に接続されたソース電極 108、ドレイン領域 100 とソース領域 104 との間に露出するベース領域 102 の表面を覆うゲート絶縁膜 110、及びゲート絶縁膜 110 の上に配置されたゲート電極 112 を有する。

【0027】

ドレイン領域 100 は、第1ドレイン領域 100 a と第2ドレイン領域 100 b との2つで構成され、第1ドレイン領域 100 a を構成するN型(N⁺)のシリコン基板の上に、第2ドレイン領域 100 b としてN⁻型のエピタキシャル層が形成されてなる。

【0028】

ベース領域 102 は、ドレイン領域 100 におけるエピタキシャル層の表面側にP型層を拡散させて形成され、さらに、このP型層の表面付近に、高濃度のN型(N⁺)層を二重拡散させることで、ソース領域 104 が形成されている。

【0029】

ベース領域 102 はソース電極 108 との接合面の下方領域(ソース領域 104 , 104 に挟まれた領域)とそれ以外の領域において互いに別の拡散プロセスにより形成されており、それぞれの不純物濃度が異なっている。すなわち、ベース領域 102 においてソース電極 108 との接合面の下方領域はP型半導体の濃度を低く抑えて形成され、それ以外の領域に比べて不純物濃度が低く形成されている。また、拡散プロセスによりN⁺濃度領域となったソース領域 104 の表面に、N型不純物をさらにイオン注入することにより、ソース領域 104 のごく表面のN型不純物が高濃度となるようにしている。

【0030】

ソース電極 108 は、ベース領域 102 及びソース領域 104 の露出した部分(ゲート絶縁膜 110 で覆われていない部分)、及びゲート電極 112 の上を覆うゲート絶縁膜 1

10

20

30

40

50

10にアルミニウムなどの金属を蒸着して形成されるため、ソース電極108は、ベース領域102及びソース領域104の露出した部分に対して金属-半導体接合されている。

【0031】

ソース領域104のごく表面はN型不純物が高濃度となっているため、ソース電極108とソース領域104との接合はオーミック接合となっているが、ベース領域102において接合面の下方領域はP型不純物濃度が低く形成されているため、ソース電極108とベース領域102との接合面における接合は、その接合面にショットキ障壁を形成するショットキ接合となっている。

【0032】

したがって、半導体リレー48u, 48v, 48wは、ベース領域102と第2ドレイン領域100bとのPN接合により必然的に生じるPN接合ダイオード、すなわち寄生ダイオード114が存在する一方、ソース電極108とベース電極102との接合面でショットキ接合によるSBD116が形成される。

10

【0033】

ゲート電極112にプラスの電圧が印加されると、ゲート電極112に対向するベース領域102の表面に反転層が生じてN型のチャンネルが形成され、この部分がスイッチ動作を行うスイッチング部48us, 48vs, 48wsに相当するので、半導体リレー48u, 48v, 48wは、夫々、その等価回路において、スイッチング部48us, 48vs, 48wsをバイパスするバイパスラインで寄生ダイオード114及びSBD116を順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部48ud, 48vd, 48wdを備えている。

20

【0034】

半導体リレー48u, 48v, 48wでは、ソース電極108とドレイン電極106との間に印加される電圧がいずれの方向であっても、スイッチング部48us, 48vs, 48wsと並列に接続された寄生ダイオード114及びSBD116を通るバイパスライン、すなわち、ダイオード部48ud, 48vd, 48wdには電流が流れないようにしている。

【0035】

なお、駆動回路40におけるスイッチング素子40ua, 40ub, 40va, 40vb, 40wa, 40wbは、本実施形態において、内蔵するダイオードの特性という点で、地絡及び相間短絡による閉回路を開放する半導体リレー48u, 48v, 48wと異なる。

30

【0036】

図3に示した前述のNチャンネルの縦型MOSFETは半導体リレー48u, 48v, 48wの単なる一例にすぎず、半導体リレー48u, 48v, 48wは、その等価回路において、スイッチング部48us, 48vs, 48wsをバイパスするバイパスラインで2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部48ud, 48vd, 48wdが形成される半導体スイッチング素子であれば、いかなる形式のものであってもよい。したがって、前述のNチャンネルの縦型MOSFETのように、プレーナ型、縦型構造、及びN型に限らず、半導体リレー48u, 48v, 48wには、トレンチ型、横型構造、又はP型などを適宜選択することができる。

40

【0037】

また、半導体リレー48u, 48v, 48wに内蔵されるダイオードとして、前述のように、ソース電極108とベース電極102との接合面でショットキ接合によるSBD116や、ベース領域102と第2ドレイン領域100bとのPN接合による寄生ダイオード114だけでなく、ソース領域108のN層を深くすることができれば、ベース領域102とソース領域104とのPN接合で形成される寄生ダイオードを利用してもよい。

【0038】

要するに、半導体リレー48u, 48v, 48wは、夫々、その等価回路において、スイッチ動作を行う1つのスイッチング部48us, 48vs, 48wsと、スイッチング

50

部 48us, 48vs, 48ws をバイパスするバイパスラインで少なくとも2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部 48ud, 48vd, 48wd と、を備えていればよい。

【0039】

図4は、イグニッションキーがONとなったことを契機として、モータ駆動制御装置38によるブラシレスモータ32の駆動制御が開始される前に、制御器44により実行されるモータ故障診断処理の内容を示す。

【0040】

ステップ1001(図では「S1001」と略記する。以下同様。)では、まず、半導体リレー48u, 48v, 48wを全てONにして、各相のコイル32u, 32v, 32wと中性点32nとの間を導通状態とする。

10

【0041】

ステップ1002では、ブラシレスモータ32やモータ駆動制御装置38の駆動回路40に地絡や相間短絡などが発生しているか否かを、異常種別及び発生箇所の特定も含めて公知の診断方法により診断する。

【0042】

地絡や相間短絡などが発生していないと診断された場合には、ブラシレスモータ32や駆動回路40は、閉回路が形成されていない正常状態にあるので、モータ駆動制御装置38による通常のブラシレスモータ32の駆動制御を行うべく、モータ故障診断処理を終了する(Yes)。すなわち、制御器44は、各相のコイル32u, 32v, 32wと中性点32nとの間を全て導通状態に維持するように半導体リレー48u, 48v, 48wを制御しつつ、駆動回路40の制御を開始する。

20

【0043】

一方、地絡や相間短絡などが発生していると診断された場合には、ブラシレスモータ32や駆動回路40などに閉回路が形成されている異常状態であるため、異常時処理を行うべくステップ1003へ進む(No)。

【0044】

ステップ1003では、地絡や相間短絡による閉回路を開放する異常時処理を行う。

具体的には、地絡や相間短絡の発生している箇所に応じて、各相のコイル32u, 32v, 32wと中性点32nとの間のうち全てではなく一部が非導通状態となるように半導体リレー48u, 48v, 48wを制御する。

30

【0045】

例えば、図5に示すように、駆動回路40とW相のコイル32wとを結ぶ通電ラインがグランドと相対的に低インピーダンスで接続される地絡を起こした場合、上側スイッチング素子40uaと下側スイッチング素子40vbとをオンにする通電モードでは、中性点32n 半導体リレー48v V相コイル32v スwitching素子40vb グランド地絡箇所 W相コイル32w 半導体リレー48w 中性点32nという閉回路(図中の網掛け太線)が形成されてしまうが、W相コイル32wと中性点32nとの間が非導通状態となるように半導体リレー48wをオフにする制御を行うことにより、閉回路を開放することができる。

40

【0046】

また、例えば、図6に示すように、駆動回路40とV相のコイル32vとを結ぶ通電ラインと、駆動回路40とW相のコイル32wとを結ぶ通電ラインと、が相間短絡を起こした場合、中性点32n 半導体リレー48v V相コイル32v 相間短絡箇所 W相コイル32w 半導体リレー48w 中性点32nという閉回路(図中の網掛け太線)が形成されてしまうが、V相コイル32vと中性点32nとの間、又はW相コイル32wと中性点32nとの間のいずれか一方が非導通状態となるように、半導体リレー48vと半導体リレー48wのいずれか一方をオフにする制御を行うことで閉回路を開放することができる。

【0047】

50

半導体リレー 48v 及び半導体リレー 48w が、図 7 に示すように、順方向を単一方向にのみ、例えば、中性点 32n にのみ向けているダイオード部 48vd 及びダイオード部 48wd を有している場合、図 5 のような地絡、又は図 6 のような相間短絡が発生すると、半導体リレー 48w のスイッチング部 48ws をオフにしたとしても、ダイオード部 48wd を介して閉回路が形成されたまま開放されないこともあり得る。しかし、本実施形態における半導体リレー 48u, 48v, 48w は全て、スイッチング部 48us, 48vs, 48ws をバイパスするバイパスラインで少なくとも 2 つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部 48ud, 48vd, 48wd を備えているものである。このため、ダイオード部 48ud, 48vd, 48wd を電流が通過することができないので、半導体リレー 48w のスイッチング部 48ws をオフにすれば、W 相コイル 32w と中性点 32n との間が非導通状態となるので、閉回路の形成を確実に回避することが可能である。

10

【0048】

前述のように、各相のコイル 32u, 32v, 32w と中性点 32n との間のうち全てではなく一部が非導通状態となるように半導体リレー 48u, 48v, 48w を制御するのは、地絡や相間短絡などの異常が発生しても、異常が発生していない相を用いて、ブラシレスモータ 32 の駆動制御を継続することで、電動パワーステアリングシステム 10 による操舵力の補助を不完全ながらも続行すべきとのニーズがあるからである。ブラシレスモータ 32 の用途によっては、ブラシレスモータ 32 の停止を優先して、すべての半導体リレー 48u, 48v, 48w をオフにするよう制御してもよい。

20

【0049】

このようなモータ駆動制御装置 38 によれば、スイッチング部 48us, 48vs, 48ws をバイパスするバイパスラインで少なくとも 2 つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部 48ud, 48vd, 48wd を備えている半導体リレー 48u, 48v, 48w を、ブラシレスモータ 32 における各相のコイル 32u, 32v, 32w と中性点 32n との間に 1 つずつ介挿している。

【0050】

このため、閉回路の形成を確実に回避するために、図 8 に示すように、各相において、コイル 32u, 32v, 32w と中性点 32n との間に、半導体リレー 200u と半導体リレー 200u'、半導体リレー 200v と半導体リレー 200v'、及び半導体リレー 200w と半導体リレー 200w' を夫々介挿して、各相における 2 つの半導体リレーを、寄生ダイオード 200ud と寄生ダイオード 200ud'、寄生ダイオード 200vd と寄生ダイオード 200vd'、及び寄生ダイオード 200wd と寄生ダイオード 200wd' のそれぞれについて互いの順方向が逆となるように直列に接続する必要がなく、半導体リレーの数を増加させることがない。

30

【0051】

したがって、閉回路の形成を確実に回避するために、各相のインピーダンス増大によるモータ効率の低下を招くことがなく、また、部品点数の増加ひいては製品コストの上昇を抑えることもできる。

【0052】

次に、本発明を実施するための第 2 実施形態について説明する。なお、第 1 実施形態と同一構成については、同一符号を付すことでその説明を省略又は簡潔にする。

40

図 9 は、ブラシレスモータ 32 及びモータ駆動制御装置 38 の内部構成の一例を示す。

【0053】

本実施形態のモータ駆動制御装置 38 は、第 1 実施形態と比べて、半導体リレー 48u, 48v, 48w が故障しているか否かを診断するために用いられる電圧安定化手段 50 を更に備えている点で異なる。

【0054】

電圧安定化手段 50 は、第 1 電圧安定化手段としてのプルアップ抵抗 50a、及び第 2 電圧安定化手段としてのプルダウン抵抗 50b, 50c で構成される。プルアップ抵抗 5

50

0 a は、駆動回路 4 0 と各相のコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w とを結ぶ 3 つの通電ラインのうち、U 相コイル 3 2 u に対する通電ラインと電圧 V b を供給する電源回路（図示省略）とを接続し、プルダウン抵抗 5 0 b , 5 0 c は、夫々、V 相コイル 3 2 v に対する通電ラインとグラウンドとの間、及び W 相コイル 3 2 w に対する通電ラインとグラウンドとの間を接続する。なお、プルアップ抵抗 5 0 a は、U 相コイル 3 2 u に対する通電ラインと電圧 V b を供給する電源回路とを接続するものに限定されず、V 相コイル 3 2 v あるいは W 相コイル 3 2 w に対する通電ラインと電圧 V b を供給する電源回路とを接続するものであってもよく、この場合、プルダウン抵抗 5 0 b , 5 0 c は、プルアップ抵抗 5 0 a が接続された通電ライン以外の通電ラインに接続される。

【 0 0 5 5 】

また、制御器 4 4 は、U 相コイル 3 2 u と駆動回路 4 0 とを結ぶ通電ライン、V 相コイル 3 2 v と駆動回路 4 0 とを結ぶ通電ライン、及び W 相コイル 3 2 w と駆動回路 4 0 とを結ぶ通電ラインに接続され、制御器 4 4 内の電圧検出回路（図示省略）によりブラシレスモータ 3 2 の各相の端子電圧を検出できるように構成されている。

【 0 0 5 6 】

図 1 0 は、イグニッションキーが ON となったことを契機として、モータ駆動制御装置 3 8 によるブラシレスモータ 3 2 の駆動制御が開始される前に、制御器 4 4 により実行される半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障診断処理を示す。なお、本故障診断処理による半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障有無を診断することにより、前述の第 1 実施形態におけるモータ故障診断処理の実行可否を早期に判断すべく、本故障診断処理をモータ故障診断処理の前に実行してもよい。

【 0 0 5 7 】

ステップ 2 0 0 1 では、駆動回路 4 0 のスイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b を全てオフ（OFF）にする。

図 8 に示すように、各相において、半導体リレー 2 0 0 u と半導体リレー 2 0 0 u ′ との間、半導体リレー 2 0 0 v と半導体リレー 2 0 0 v ′ との間、及び半導体リレー 2 0 0 w と半導体リレー 2 0 0 w ′ との間を、夫々、内蔵する寄生ダイオードの順方向が互いに逆となるように直列に接続してコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w と中性点 3 2 n との間それぞれ介挿した場合、各相の 2 つの半導体リレーの故障を診断するためには、駆動回路 4 0 のスイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b を制御して各相に流れる電流の方向を切り換える必要があった。しかし、本実施形態のモータ駆動制御装置 3 8 では、後述のように、駆動回路 4 0 を用いずに半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障診断を行うことができるため、駆動回路 4 0 のスイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b を全てオフ（OFF）にしている。

【 0 0 5 8 】

ステップ 2 0 0 2 では、U 相の半導体リレー 4 8 u をオン（ON）にするとともに、V 相の半導体リレー 4 8 v 、及び W 相の半導体リレー 4 8 w をオフ（OFF）にする。

ステップ 2 0 0 3 では、V 相及び W 相の端子電圧が正常であるか否かを判定する。

【 0 0 5 9 】

半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w が正常である場合には、U 相のコイル 3 2 u と中性点 3 2 n との間が導通状態であるが、V 相コイル 3 2 v と中性点 3 2 n との間、及び W 相コイル 3 2 w と中性点 3 2 n との間が非導通状態であるので、検出される V 相及び W 相の端子電圧は 0 レベルとなる。このため、V 相及び W 相の端子電圧が 0 レベルとなっているか否か、より詳しくは、V 相及び W 相の端子電圧が、（ 0 + ）未満となっているか否かを判定する。ここで、 は、例えば、V 相コイル 3 2 v と駆動回路 4 0 とを結ぶ通電ラインや、W 相コイル 3 2 w と駆動回路とを結ぶ通電ラインに、プルダウン抵抗 5 0 b , 5 0 c により軽減されるものの、わずかに重畳するノイズの影響など、半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障に関連しない端子電圧の上昇を、半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障によるものとする誤診断を回避するための誤差である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

V相及びW相の端子電圧が(0 +)未満である場合、V相及びW相の半導体リレー 4 8 v , 4 8 w は短絡故障を起こしていないと認められるので、引き続き、U相の半導体リレー 4 8 u の故障診断を行うべく、ステップ 2 0 0 4 へ進む(Y e s)。

【 0 0 6 1 】

V相又はW相の端子電圧が(0 +)以上である場合、U相の半導体リレー 4 8 u に短絡故障が発生しているか否かを診断することはできないが、少なくとも、端子電圧が(0 +)となったV相又はW相の半導体リレー 4 8 v , 4 8 w は、スイッチ動作をオフにするようにとの制御器 4 4 の制御指令に反してオンとなり、短絡故障が発生していると認められるので、ステップ 2 0 0 6 に進み(N o)、V相又はW相の半導体リレー 4 8 v , 4 8 w の故障発生を確定する。

10

【 0 0 6 2 】

ステップ 2 0 0 4 では、U相の半導体リレー 4 8 u をオフ(O F F)にするとともに、V相の半導体リレー 4 8 v 、及びW相の半導体リレー 4 8 w をオン(O N)にする。

ステップ 2 0 0 5 では、U相の端子電圧が正常であるか否かを判定する。

【 0 0 6 3 】

半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w が正常である場合には、V相コイル 3 2 v と中性点 3 2 n との間、及びW相コイル 3 2 w と中性点 3 2 n との間が導通状態であるが、U相のコイル 3 2 u と中性点 3 2 n との間が非導通状態であるので、検出されるU相の端子電圧はV b レベルとなる。このため、U相の端子電圧がV b レベルとなっているか否か、より詳しくは、U相の端子電圧が(V b -)以上となっているか否かを判定する。ここで、 は、前述の と同様の理由で設けられた誤差である。

20

【 0 0 6 4 】

U相の端子電圧が(V b -)以上である場合、U相の半導体リレー 4 8 u は短絡故障を起こしていないと認められるので、半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w は全て短絡故障を起こしていないものと診断して、本故障診断を終了する(Y e s)。

【 0 0 6 5 】

U相の端子電圧が(V b -)未満である場合、U相の半導体リレー 4 8 u は、スイッチ動作をオフにするようにとの制御器 4 4 の制御指令に反してオンとなり、短絡故障が発生していると認められるので、ステップ 2 0 0 7 に進み(N o)、U相の半導体リレー 4 8 u の故障発生を確定する。

30

【 0 0 6 6 】

このような第 2 実施形態のモータ駆動制御装置 3 8 によれば、第 1 実施形態で説明されるように、順方向が逆向きのダイオードを内蔵する半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w を、夫々、各相のコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w と中性点 3 2 n との間に 1 つずつ介挿するとともに、各相の通電ラインにプルアップ抵抗 5 0 a とプルダウン抵抗 5 0 b , 5 0 c を接続している。

【 0 0 6 7 】

このため、第 2 実施形態のモータ駆動制御装置 3 8 では、図 8 に示すように、各相において、半導体リレー 2 0 0 u と半導体リレー 2 0 0 u ′ との間、半導体リレー 2 0 0 v と半導体リレー 2 0 0 v ′ との間、及び半導体リレー 2 0 0 w と半導体リレー 2 0 0 w ′ との間を、夫々、内蔵する寄生ダイオードの順方向が互いに逆となるように直列に接続してコイル 3 2 u , 3 2 v , 3 2 w と中性点 3 2 n との間にそれぞれ介挿した場合のように、各相の 2 つの半導体リレーの故障を個別に診断するために、駆動回路 4 0 のスイッチング素子 4 0 u a , 4 0 u b , 4 0 v a , 4 0 v b , 4 0 w a , 4 0 w b を制御して各相に流れる電流の方向を切り換える必要がない。

40

【 0 0 6 8 】

したがって、本実施形態のモータ駆動制御装置 3 8 では、駆動回路 4 0 を用いることなく、半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w の故障診断を簡易に行うことができる。

前述の第 1 実施形態及び第 2 実施形態において、半導体リレー 4 8 u , 4 8 v , 4 8 w

50

はいずれも、その等価回路で、スイッチング部 48us, 48vs, 48ws をバイパスするバイパスラインで少なくとも2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部 48ud, 48vd, 48wd を有していた。しかし、図11に示すように、例えば、駆動回路40からV相コイル32vを通る通電ラインが絶縁されている場合には、W相の半導体リレー48w'を、その等価回路で、スイッチング部48ws'をバイパスするバイパスラインに順方向が単一のダイオード特性を有するダイオード部48wd'を備えたものにしてもよい。

【0069】

また、前述の第1実施形態及び第2実施形態において、モータ駆動制御装置38は、3相のブラシレスモータ32を駆動制御していたが、N相(N=2)を有するあらゆるブラシレスモータにも適用可能である。この場合、半導体リレーによる閉回路の開放や、半導体リレーの故障診断を行うために、N相のうち少なくとも(N-1)相のコイルと中性点との間に介挿された半導体リレーは、その等価回路において、スイッチング部をバイパスするバイパスラインで少なくとも2つのダイオードを順方向が逆向きとなるように直列接続したダイオード部を備えている必要がある。

【0070】

さらに、前述の第1実施形態及び第2実施形態において、ブラシレスモータ32は、磁極位置検出手段からの磁極位置信号に基づいて駆動されるものに限定されず、センサレス駆動で動作するものであってもよい。

【0071】

前述の第1～3実施形態における電動パワーステアリングシステム10は、ブラシレスモータ32が操舵補助力を伝達する部分がステアリングシャフト14であるコラムアシスト方式であるが、操舵補助力を伝達する部分をステアリングシャフト14に限定するものではなく、いわゆるピニオンアシスト方式やラックアシスト方式の電動パワーステアリングシステムであってもよい。

【0072】

また、前述の第1～3実施形態のように、アシストモータの回転で直接に操舵力を補助する電動パワーステアリングシステム10に限らず、アシストモータの動力により発生させた油圧で操舵力を補助する、いわゆる電動油圧式パワーステアリングシステムであってもよい。

【0073】

以上、本発明者にとってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更が可能であることはいうまでもない。

【符号の説明】

【0074】

10...電動パワーステアリングシステム、32...ブラシレスモータ、32n...中性点、32u...U相コイル、32v...V相コイル、32w...W相コイル、38...モータ駆動制御装置、40...駆動回路、40ua...U相上側スイッチング素子、40ub...U相下側スイッチング素子、40va...V相上側スイッチング素子、40vb...V相下側スイッチング素子、40wa...W相上側スイッチング素子、40wb...W相下側スイッチング素子、44...制御、48u...U相半導体リレー、48v...V相半導体リレー、48w, 48w'...W相半導体リレー、48us...U相半導体リレーのスイッチング部、48vs...V相半導体リレーのスイッチング部、48ws, 48ws'...W相半導体リレーのスイッチング部、48ud...U相半導体リレーのダイオード部、48vd...V相半導体リレーのスイッチング部、48wd, 48wd'...W相半導体リレーのダイオード部、50...電圧安定化手段、50a...プルアップ抵抗、50b, 50c...プルダウン抵抗、114...寄生ダイオード、116...ショットキバリアダイオード(SBD)

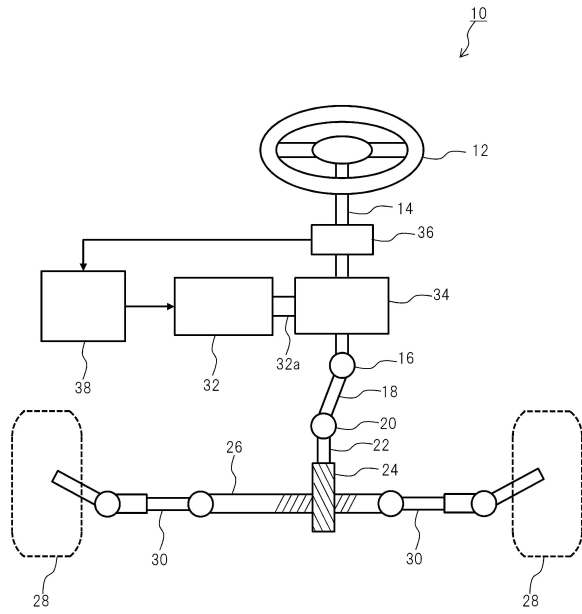
10

20

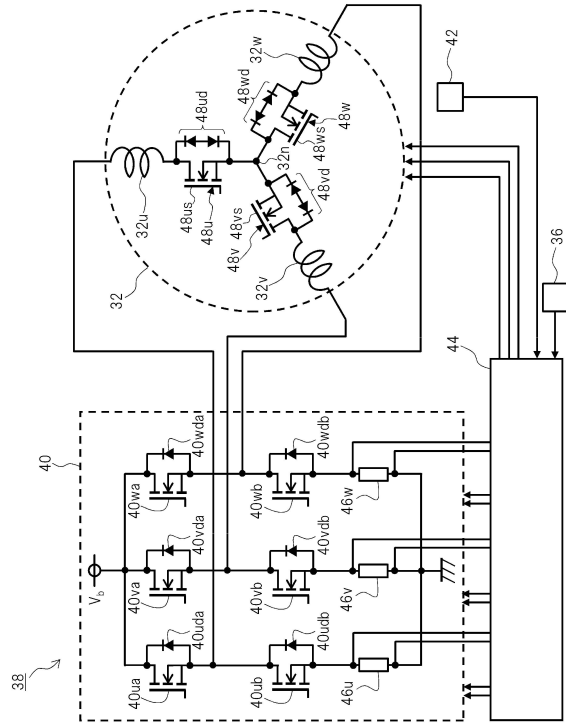
30

40

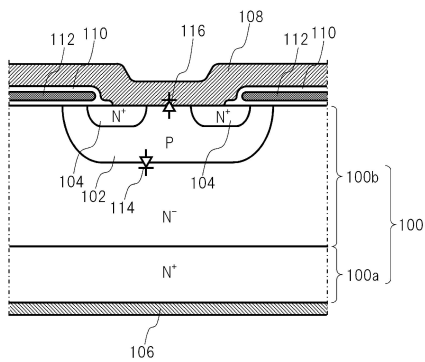
【図1】



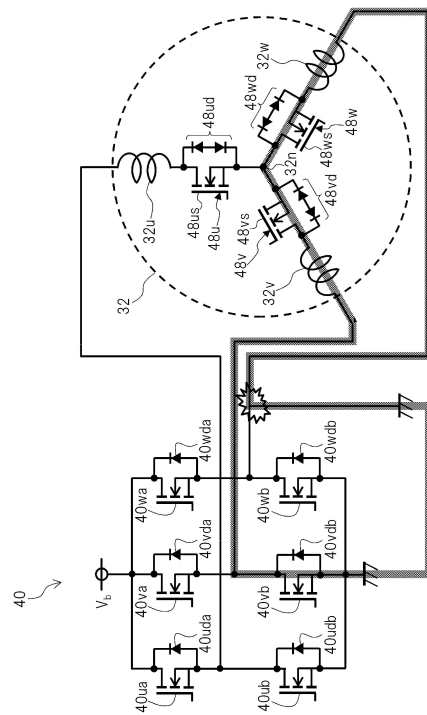
【図2】



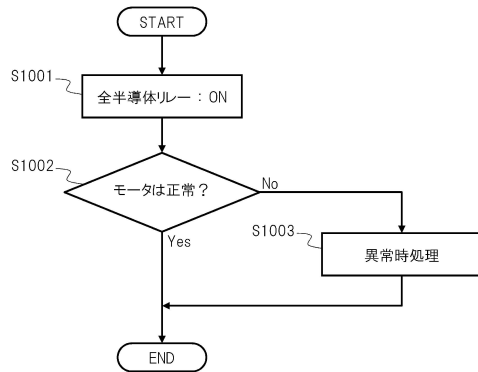
【図3】



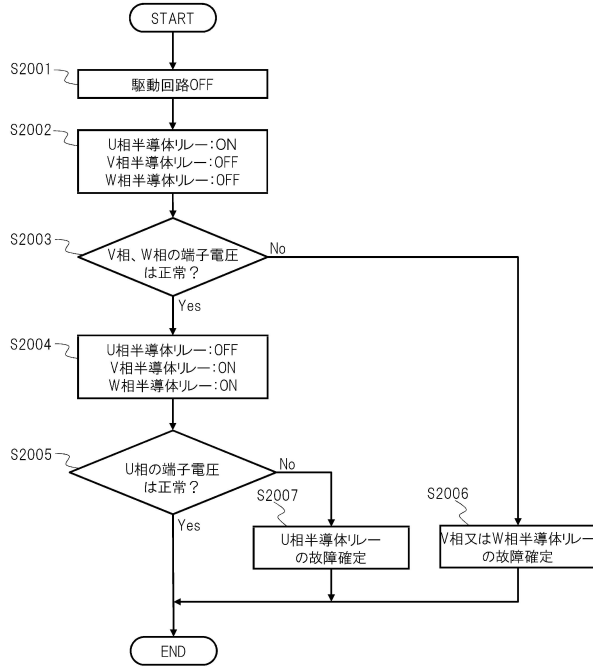
【図5】



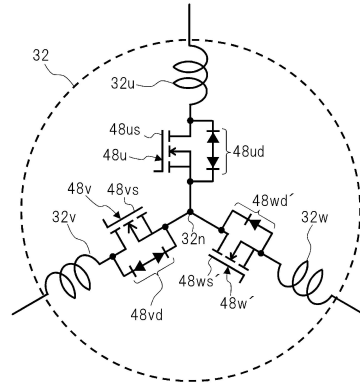
【図4】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 特開2007-295658(JP,A)
特開2010-216420(JP,A)
特開2005-287233(JP,A)
特開平07-015009(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02P 27/06