

(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2017-158318
(P2017-158318A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02P 6/12 (2006.01)	H02P 6/02 371D	5H560
H02P 6/08 (2016.01)	H02P 6/02 371A	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-39719 (P2016-39719)
(22) 出願日 平成28年3月2日 (2016.3.2)

(71) 出願人 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
(74) 代理人 100129425
弁理士 小川 護晃
(74) 代理人 100087505
弁理士 西山 春之
(74) 代理人 100168642
弁理士 関谷 充司
(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
Fターム(参考) 5H560 AA08 BB04 BB12 DC12 EB01
JJ03 SS02 TT11 TT15 UA05
XA12

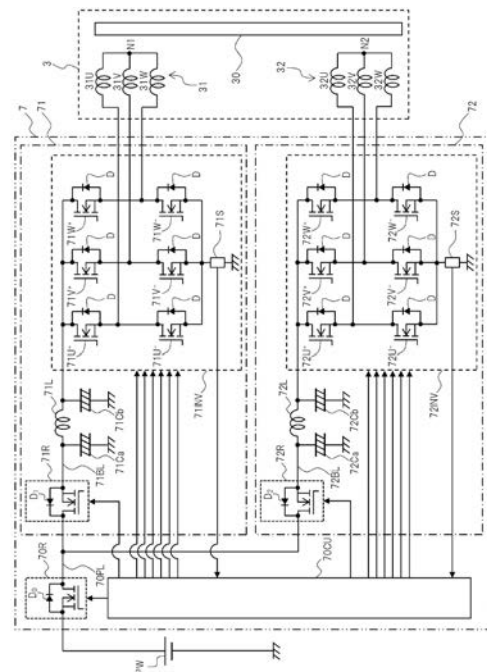
(54) 【発明の名称】 モータ駆動装置

(57) 【要約】

【課題】各通電系統に設けられた電源リレーの制御を特別に行うことなく逆起電圧の回生を可能にし、かつ、電源リレーの部品点数を低減する。

【解決手段】巻線組31、32を有するモータ3を駆動するモータ駆動装置7は、巻線組31、32と一対一で接続された駆動回路71INV、72INVを1つずつ含む通電系統71、72において、駆動回路71INV、72INVと電源PWとの間で通電系統毎に1つずつ設けられた半導体スイッチ71R、72Rと、電源PWと半導体スイッチ71R、72Rとを直列接続する半導体スイッチ70Rと、を備え、半導体スイッチ71Rの寄生ダイオードD₁が駆動回路71INVから半導体スイッチ70Rへ導通し、半導体スイッチ72Rの寄生ダイオードD₂が駆動回路72INVから半導体スイッチ70Rへ導通し、半導体スイッチ70Rの寄生ダイオードD₀が電源PWから半導体スイッチ71R、72Rへ導通する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の巻線組を有するモータを駆動するモータ駆動装置であって、
前記複数の巻線組と一対一で接続された複数の駆動回路を 1 つずつ含む複数の通電系統と、

前記複数の通電系統において、前記複数の駆動回路と電源との間で通電系統毎に 1 つずつ設けられた複数の第 1 半導体スイッチと、

前記電源と前記複数の第 1 半導体スイッチとを直列接続する 1 つの第 2 半導体スイッチと、

を備え、

前記複数の第 1 半導体スイッチの寄生ダイオードが、それぞれ、前記複数の駆動回路から前記第 2 半導体スイッチへ向かう方向の電流を導通させ、前記第 2 半導体スイッチの寄生ダイオードが、前記電源から前記第 1 半導体スイッチへ向かう方向の電流を導通させることを特徴とする、モータ駆動装置。

【請求項 2】

前記複数の通電系統のうちいずれかに異常が発生した場合には、異常が発生した通電系統の前記第 1 半導体スイッチをオフ状態にして、正常な通電系統で前記モータを駆動することを特徴とする、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 3】

前記モータは、電動パワーステアリングシステムの操舵補助力に相当するトルクを発生させるために用いられることを特徴とする、請求項 1 又は請求項 2 に記載のモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータを駆動するモータ駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータ駆動装置として、1 つのモータ内で互いに独立した複数の巻線組を駆動する駆動回路が巻線組毎に設けられ、かかる駆動回路を 1 つずつ含んで複数の通電系統を構成するものが知られている。

【0003】

例えば、特許文献 1 の電動パワーステアリング装置に用いられるモータ駆動装置では、バッテリー電源と各駆動回路との間で通電系統毎に 2 つの半導体スイッチを直列接続して構成された電源リレーを設けて、通電系統に異常が発生した場合には当該通電系統の電源リレーをオフ状態にして、下流の駆動回路に対する電力供給を遮断するフェールセーフ処理を行っている。

【0004】

このようなモータ駆動装置に設けられる各通電系統の電源リレーでは、オフ状態であっても、バッテリー電源が極性を逆にしてモータ駆動装置に誤接続された場合に閉回路の形成によって短絡電流が流れないように、2 つの半導体スイッチを、それらの寄生ダイオードの順方向が互いに逆向きになるように配置している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2013 - 215040 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、異常が発生した異常通電系統においても、外力等によりモータのロータが回

10

20

30

40

50

転すると逆起電圧が加わるが、発生した逆起電圧をバッテリー電源へ回生して異常通電システムにおける回路素子の故障を抑制するためには、異常通電システムの電源リレーのうち寄生ダイオードの順方向がバッテリー電源から駆動回路へ向かう方の半導体スイッチをオン状態にする制御が必要となり、フェールセーフ処理が複雑化するという問題がある。

【0007】

また、電源リレーが通電システム毎に2つの半導体スイッチで構成されているため、部品点数の削減によりコスト及び実装面積を低減したいという要請がある。

【0008】

そこで、本発明は以上のような問題点に鑑み、各通電システムに設けられた電源リレーの制御を特別に行うことなく逆起電圧の回生を可能にし、かつ、電源リレーの部品点数を低減したモータ駆動装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

このため、本発明に係るモータ駆動装置は、複数の巻線組を有するモータを駆動するものであって、複数の巻線組と一対一で接続された複数の駆動回路を1つずつ含む複数の通電システムと、複数の通電システムにおいて、複数の駆動回路と電源との間で通電システム毎に1つずつ設けられた複数の第1半導体スイッチと、電源と複数の第1半導体スイッチとを直列接続する1つの第2半導体スイッチと、を備え、複数の第1半導体スイッチの寄生ダイオードが、それぞれ、複数の駆動回路から第2半導体スイッチへ向かう方向の電流を導通させ、第2半導体スイッチの寄生ダイオードが、電源から第1半導体スイッチへ向かう方向の電流を導通させる。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明のモータ駆動装置によれば、各通電システムに設けられた電源リレーの制御を特別に行うことなく逆起電圧の回生が可能となり、かつ、電源リレーの部品点数を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1実施形態に係るモータ駆動装置を適用した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。

30

【図2】同モータ駆動装置を示す回路ブロック図である。

【図3】同モータ駆動装置に第1半導体スイッチング素子がない場合における電源逆接状態を示す回路図である。

【図4】同モータ駆動装置の逆起電圧回生を示す回路ブロック図である。

【図5】同モータ駆動装置の第1変形例の内部構成を示す回路ブロック図である。

【図6】同モータ駆動装置の第2変形例の内部構成を示す回路ブロック図である。

【図7】同モータ駆動装置の第3変形例の内部構成を示す回路ブロック図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係るモータ駆動装置を示す回路ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

40

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

図1は、本発明の第1実施形態に係るモータ駆動装置を適用した電動パワーステアリングシステムの一例を示す。

【0013】

車両1に備えられ、運転者のステアリング操作による操舵を補助する電動パワーステアリングシステム2は、操舵補助力の発生源としてのモータ3、操作手段としてのステアリングホイール4、操舵トルクセンサ5、操舵角度センサ6、モータ3を駆動するモータ駆動装置7、及び、モータ3の回転を減速してステアリングシャフト8（ピニオンシャフト）に伝達する減速機9を備えている。操舵トルクセンサ5、操舵角度センサ6及び減速機9は、ステアリングシャフト8を内包するステアリングコラム10内に設けられる。

50

【 0 0 1 4 】

ステアリングシャフト 8 の先端にはピニオンギア 1 1 が設けられていて、このピニオンギア 1 1 が回転すると、ラックギア 1 2 が車両 1 の進行方向に対して左右に水平移動する。ラックギア 1 2 の両端にはそれぞれ車輪 1 3 の操舵機構 1 4 が設けられており、ラックギア 1 2 が水平移動することで車輪 1 3 の向きが変えられる。

【 0 0 1 5 】

操舵トルクセンサ 5 は、車両 1 の運転者がステアリング操作を行うことでステアリングシャフト 8 に発生する操舵トルクを検出し、検出した操舵トルクの検出信号 S T をモータ駆動装置 7 に出力する。

操舵角度センサ 6 は、車両 1 の運転者がステアリング操作を行うことでステアリングホイール 4 を回転させたときのステアリングシャフト 8 の回転角度を操舵角度として検出し、検出した操舵角度の検出信号 S A をモータ駆動装置 7 に出力する。

10

【 0 0 1 6 】

モータ駆動装置 7 は、操舵トルク信号 S T、操舵角度信号 S A、車速センサ 1 5 が出力する車速の信号 V S P 等の入力信号に基づいて、運転者のステアリング操作による操舵を補助するために必要な操舵補助力を演算する。そして、モータ駆動装置 7 は、演算された操舵補助力に応じてモータ 3 を駆動させる。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、モータ 3 及びモータ駆動装置 7 の内部構成の一例を示す。

モータ 3 は、3 相ブラシレスモータであり、U 相コイル 3 1 U、V 相コイル 3 1 V、W 相コイル 3 1 W の 3 相巻線からなる巻線組 3 1、及び、U 相コイル 3 2 U、V 相コイル 3 2 V、W 相コイル 3 2 W の 3 相巻線からなる巻線組 3 2 の互いに独立した 2 組の巻線組を含むステータ（図示省略）と、このステータの中央部に回転可能に備えられた永久磁石回転子としてのロータと、を有している。巻線組 3 1 及び巻線組 3 2 は、絶縁された状態でステータに巻き回され、磁気回路を共有している。

20

【 0 0 1 8 】

巻線組 3 1 における U 相コイル 3 1 U、V 相コイル 3 1 V、W 相コイル 3 1 W は、それぞれ的一端が中性点 N 1 で電氣的に接続されてスター状に結線され、巻線組 3 2 における U 相コイル 3 2 U、V 相コイル 3 2 V、W 相コイル 3 2 W は、それぞれ的一端が中性点 N 2 で電氣的に接続されてスター状に結線されている。なお、3 相のコイルをデルタ状に結線したモータであっても、本実施形態に係るモータ駆動装置 7 を適用可能である。

30

【 0 0 1 9 】

モータ駆動装置 7 は、直流電源 P W の高電位側から延びる電源線 7 0 P L より分岐した給電線 7 1 B L により巻線組 3 1 へ電力を供給するための通電系統 7 1 と、電源線 7 0 P L より分岐した給電線 7 2 B L により巻線組 3 2 へ電力を供給するための通電系統 7 2 と、の 2 つの通電系統を有している。通電系統 7 1 には、巻線組 3 1 を駆動する駆動回路 7 1 I N V が給電線 7 1 B L と接続されて備えられ、通電系統 7 2 には、巻線組 3 2 を駆動する駆動回路 7 2 I N V が給電線 7 2 B L と接続されて備えられている。

【 0 0 2 0 】

駆動回路 7 1 I N V では、給電線 7 1 B L とグランドとの間において、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 1 U⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 1 U⁻ と、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 1 V⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 1 V⁻ と、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 1 W⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 1 W⁻ と、が並列に接続されて、3 相ブリッジ回路を構成している。

40

【 0 0 2 1 】

駆動回路 7 2 I N V では、給電線 7 2 B L とグランドとの間において、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 2 U⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 2 U⁻ と、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 2 V⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 2 V⁻ と、直列接続された上アーム側のスイッチング素子 7 2 W⁺ 及び下アーム側のスイッチング素子 7 2 W⁻ と、が並列に接続されて、3 相ブリッジ回路を構成している。

50

【 0 0 2 2 】

駆動回路 7 1 I N V において、一端が中性点 N 1 で接続される、U 相コイル 3 1 U、V 相コイル 3 1 V 及び W 相コイル 3 1 W の各他端は、U 相コイル 3 1 U がスイッチング素子 7 1 U⁺ 及びスイッチング素子 7 1 U⁻ の間に接続され、V 相コイル 3 1 V がスイッチング素子 7 1 V⁺ 及びスイッチング素子 7 1 V⁻ の間に接続され、W 相コイル 3 1 W がスイッチング素子 7 1 W⁺ 及びスイッチング素子 7 1 W⁻ の間に接続されている。

【 0 0 2 3 】

駆動回路 7 2 I N V において、一端が中性点 N 2 で接続される、U 相コイル 3 2 U、V 相コイル 3 2 V 及び W 相コイル 3 2 W の各他端は、U 相コイル 3 2 U がスイッチング素子 7 2 U⁺ 及びスイッチング素子 7 2 U⁻ の間に接続され、V 相コイル 3 2 V がスイッチング素子 7 2 V⁺ 及びスイッチング素子 7 2 V⁻ の間に接続され、W 相コイル 3 2 W がスイッチング素子 7 2 W⁺ 及びスイッチング素子 7 2 W⁻ の間に接続されている。

10

【 0 0 2 4 】

スイッチング素子 7 1 U⁺、7 1 U⁻、7 1 V⁺、7 1 V⁻、7 1 W⁺、7 1 W⁻、7 2 U⁺、7 2 U⁻、7 2 V⁺、7 2 V⁻、7 2 W⁺、7 2 W⁻ は、それぞれ、その制御端子に制御信号を入力することでオン・オフ動作する半導体素子であり、モータ 3 による逆起電圧を直流電源 P W に回生するためのダイオード D が逆並列に接続されている。ダイオード D は、スイッチング素子 7 1 U⁺、7 1 U⁻、7 1 V⁺、7 1 V⁻、7 1 W⁺、7 1 W⁻、7 2 U⁺、7 2 U⁻、7 2 V⁺、7 2 V⁻、7 2 W⁺、7 2 W⁻ が、M O S F E T (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) 等、製造過程で必然的に形成される寄生ダイオードを有する半導体素子であれば、その寄生ダイオードで代用してもよい。

20

【 0 0 2 5 】

なお、スイッチング素子 7 1 U⁺、7 1 U⁻、7 1 V⁺、7 1 V⁻、7 1 W⁺、7 1 W⁻、7 2 U⁺、7 2 U⁻、7 2 V⁺、7 2 V⁻、7 2 W⁺、7 2 W⁻ のオン状態とは、これらスイッチング素子を通して電流が流れる通電状態をいい、スイッチング素子 7 1 U⁺、7 1 U⁻、7 1 V⁺、7 1 V⁻、7 1 W⁺、7 1 W⁻、7 2 U⁺、7 2 U⁻、7 2 V⁺、7 2 V⁻、7 2 W⁺、7 2 W⁻ のオフ状態とは、これらスイッチング素子を通じた電流の流通が遮断される遮断状態をいうものとする。後述の半導体スイッチについても同様である。

30

【 0 0 2 6 】

駆動回路 7 1 I N V は、下アーム側のスイッチング素子 7 1 U⁻、7 1 V⁻、7 1 W⁻ からグラウンドに向けて流れる電流、すなわち、巻線組 3 1 に流れる電流の検出信号を出力する電流センサ 7 1 S を備えている。電流センサ 7 1 S は、例えば、シャント抵抗を含み、シャント抵抗の両端間の電位差に相当する電圧を巻線組 3 1 に流れる電流の検出信号として出力する。

【 0 0 2 7 】

駆動回路 7 2 I N V は、下アーム側のスイッチング素子 7 2 U⁻、7 2 V⁻、7 2 W⁻ からグラウンドに向けて流れる電流、すなわち、巻線組 3 2 に流れる電流の検出信号を出力する電流センサ 7 2 S を備えている。電流センサ 7 2 S は、例えば、シャント抵抗を含み、シャント抵抗の両端間の電位差に相当する電圧を巻線組 3 2 に流れる電流の検出信号として出力する。

40

【 0 0 2 8 】

通電系統 7 1 において、給電線 7 1 B L には、コイル 7 1 L とこのコイル 7 1 L の両端をそれぞれグラウンドに接続する 2 つの電解コンデンサ 7 1 C a、7 1 C b とで構成された型ローパスフィルタが設けられている。また、通電系統 7 2 において、給電線 7 2 B L には、コイル 7 2 L とこのコイル 7 2 L の両端をそれぞれグラウンドに接続する 2 つの電解コンデンサ 7 2 C a、7 2 C b とで構成された型のローパスフィルタが設けられている。これらローパスフィルタは、直流電源 P W から駆動回路 7 1 I N V 及び駆動回路 7 2 I N V へ流れる電源電流において、所定の遮断周波数より高い周波数の成分を減衰させて遮

50

断するものである。

【 0 0 2 9 】

モータ駆動装置 7 は、CPU (Central Processing Unit) やマイクロプロセッサ等の演算手段、ROM (Read Only Memory) や RAM (Random Access Memory) 等の記憶手段を備えた制御器 7 0 C U を有している。この制御器 7 0 C U が、前述のように、各種入力信号に基づいて、運転者のステアリング操作による操舵を補助するために必要な操舵補助力 (目標操舵補助力) を演算し、目標操舵補助力に応じて駆動回路 7 1 I N V 及び駆動回路 7 2 I N V を制御することで、モータ 3 を駆動させる。

【 0 0 3 0 】

なお、本実施形態において、制御器 7 0 C U における各種演算処理は、演算手段が記憶手段に予め記憶されたプログラムを読み込んで実行するものとして説明する。ただし、これに限らず、ハードウェアの構成により各演算処理の一部又は全部を実現することも可能である。

10

【 0 0 3 1 】

制御器 7 0 C U は、後述のように異常診断機能によって通電系統 7 1 及び通電系統 7 2 等が正常と診断されている通常時、駆動回路 7 1 I N V 及び駆動回路 7 2 I N V の 2 つの駆動回路の出力電流を合計した総出力電流により、目標操舵補助力に相当するトルクをモータ 3 に発生させる。通常時における駆動回路 7 1 I N V と駆動回路 7 2 I N V との出力電流比率の値は、予め ROM 等の記憶手段に記憶され、例えば、5 0 % 対 5 0 % に設定される。

20

【 0 0 3 2 】

制御器 7 0 C U は、目標操舵補助力に応じて、モータ 3 に流す目標総出力電流を演算する。例えば、目標操舵補助力と目標総出力電流とを予め関連付けたデータテーブルを ROM 等に記憶して、このデータテーブルを参照して、目標操舵補助力に応じた目標総出力電流を選択してもよい。これにより、制御器 7 0 C U は、目標総出力電流と駆動回路 7 1 I N V 及び駆動回路 7 2 I N V の出力電流比率に基づいて、駆動回路 7 1 I N V の第 1 目標出力電流と駆動回路 7 2 I N V の第 2 目標出力電流とを演算する。

【 0 0 3 3 】

制御器 7 0 C U は、電流センサ 7 1 S の検出信号に基づいて巻線組 3 1 に実際に流れる第 1 実電流を演算し、第 1 目標出力電流と第 1 実電流との偏差に基づいて、駆動回路 7 1 I N V の 6 つのスイッチング素子 7 1 U ⁺、7 1 U ⁻、7 1 V ⁺、7 1 V ⁻、7 1 W ⁺、7 1 W ⁻ を例えば PWM (Pulse Width Modulation) 制御等で個別にオン・オフ動作させる 6 つの制御信号を生成する。そして、制御器 7 0 C U は、これら 6 つの制御信号を各スイッチング素子の制御端子へ出力し、これによりモータ 3 のトルク制御を行う。

30

【 0 0 3 4 】

制御器 7 0 C U は、電流センサ 7 2 S の検出信号に基づいて巻線組 3 2 に実際に流れる第 2 実電流を演算し、第 2 目標出力電流と第 2 実電流との偏差に基づいて、駆動回路 7 2 I N V の 6 つのスイッチング素子 7 2 U ⁺、7 2 U ⁻、7 2 V ⁺、7 2 V ⁻、7 2 W ⁺、7 2 W ⁻ を例えば PWM 制御等で個別にオン・オフ動作させる 6 つの制御信号を生成する。そして、制御器 7 0 C U は、これら 6 つの制御信号を各スイッチング素子の制御端子へ出力し、これによりモータ 3 のトルク制御を行う。

40

【 0 0 3 5 】

ここで、制御器 7 0 C U は、モータ 3 のトルク制御だけでなく、例えば、電流センサ 7 1 S により検出された第 1 実電流又は電流センサ 7 2 S により検出された第 2 実電流が所定時間継続したときに過電流が発生していると診断する等、通電系統 7 1 及び巻線組 3 1、又は、通電系統 7 2 及び巻線組 3 2 に異常が発生しているか否かを診断する周知の異常診断機能を有している。

【 0 0 3 6 】

そして、モータ駆動装置 7 には、制御器 7 0 C U の異常診断機能によって通電系統 7 1 及び巻線組 3 1、又は通電系統 7 2 及び巻線組 3 2 に異常が発生したと診断された異常時

50

に、直流電源PWから異常が発生した一方に対する電力供給を遮断するための電源リレーとして、半導体スイッチ（第1半導体スイッチ）が通電系統毎に設けている。具体的には、通電系統71では給電線71BLに半導体スイッチ71Rが設けられ、通電系統72では給電線72BLに半導体スイッチ72Rが設けられている。半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rは制御器70CUによって制御され、かかる制御は、車両1のイグニッションキーがオンとなったとき等、モータ3の発生トルクにより操舵補助力を発生させる可能性がある場合に開始される。なお、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rは、制御開始前にはオフ状態となっている。

【0037】

半導体スイッチ71Rは、その制御端子に制御信号を入力することでオン・オフ動作し、製造過程で必然的に形成される寄生ダイオード D_1 を有するMOSFET等の半導体素子である。半導体スイッチ71Rの寄生ダイオード D_1 は、半導体スイッチ71Rがオフ状態でも、モータ3による逆起電圧を寄生ダイオード D_1 で直流電源PWへ回生すべく、駆動回路71INVから直流電源PWへ向かう方向の電流を導通させる。したがって、半導体スイッチ71Rにおける寄生ダイオード D_1 の順方向は駆動回路71INVから直流電源PWへ向かう。例えば、半導体スイッチ71RがNチャンネル型のMOSFETである場合には、ソース端子が駆動回路71INV側に接続され、ドレイン端子が直流電源PW側に接続される。

10

【0038】

半導体スイッチ72Rは、半導体スイッチ71Rと同様、寄生ダイオード D_2 を有するMOSFET等の半導体素子である。半導体スイッチ72Rの寄生ダイオード D_2 は、半導体スイッチ72Rがオフ状態でも、モータ3による逆起電圧を寄生ダイオード D_2 で直流電源PWへ回生すべく、駆動回路72INVから直流電源PWへ向かう方向の電流を導通させる。したがって、半導体スイッチ72Rにおける寄生ダイオード D_2 の順方向は駆動回路72INVから直流電源PWへ向かう。例えば、半導体スイッチ72RがNチャンネル型のMOSFETである場合には、ソース端子が駆動回路72INV側に接続され、ドレイン端子が直流電源PW側に接続される。

20

【0039】

制御器70CUは、異常診断機能により、例えば、通電系統71及び巻線組31に異常が発生していると診断した場合には、フェールセーフ処理として、半導体スイッチ71R、及び、駆動回路71INVのスイッチング素子 $71U^+$ 、 $71U^-$ 、 $71V^+$ 、 $71V^-$ 、 $71W^+$ 、 $71W^-$ に制御信号を出力してこれらをオフ状態にし、駆動回路71INV及び巻線組31への電力供給を遮断する。そして、制御器70CUは、正常と診断された通電系統72の駆動回路72INVでモータ3が目標操舵補助力に相当するトルクを発生するように前述と同様のトルク制御を行う。出力電流比率は、運転者が操舵可能な範囲で50～100%の所定値に設定される。

30

【0040】

一方、制御器70CUは、異常診断機能により、例えば、通電系統72及び巻線組32に異常が発生していると診断した場合には、フェールセーフ処理として、半導体スイッチ72R、及び、駆動回路72INVのスイッチング素子 $72U^+$ 、 $72U^-$ 、 $72V^+$ 、 $72V^-$ 、 $72W^+$ 、 $72W^-$ に制御信号を出力してこれらをオフ状態にし、駆動回路72INV及び巻線組32への電力供給を遮断する。そして、制御器70CUは、正常と診断された通電系統71の駆動回路71INVでモータ3が目標操舵補助力に相当するトルクを発生するように前述と同様のトルク制御を行う。出力電流比率は、運転者が操舵可能な範囲で50～100%の所定値に設定される。

40

【0041】

ところで、図3に示すように、バッテリー交換等により、直流電源PWがモータ駆動装置7に対して誤って極性を逆にして逆接続された場合には、電源リレーとして、通電系統71に半導体スイッチ71Rを設け、通電系統72に半導体スイッチ72Rを設けただけでは、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72R、並びに、スイッチング素子71U

50

$+$ 、 $71U^-$ 、 $71V^+$ 、 $71V^-$ 、 $71W^+$ 、 $71W^-$ 、 $72U^+$ 、 $72U^-$ 、 $72V^+$ 、 $72V^-$ 、 $72W^+$ 、 $72W^-$ が全てオフ状態であっても、閉回路が形成されて過大な短絡電流が発生してしまう。

【0042】

すなわち、図3の破線矢印で示されるように、通電系統71では、逆接続された直流電源PWからの電流は、グラウンドを介して駆動回路71INVに流入し、下アーム側のスイッチング素子 $71U^-$ 、 $71V^-$ 、 $71W^-$ から上アーム側のスイッチング素子 $71U^+$ 、 $71V^+$ 、 $71W^+$ へ向けてダイオードDを介して流れた後、半導体スイッチ71Rのダイオード D_1 を流れて、直流電源PWに戻ってしまう。また、通電系統72では、逆接続された直流電源PWからの電流は、グラウンドを介して駆動回路72INVに流入し、下アーム側のスイッチング素子 $72U^-$ 、 $72V^-$ 、 $72W^-$ から上アーム側のスイッチング素子 $72U^+$ 、 $72V^+$ 、 $72W^+$ へ向けてダイオードDを介して流れた後、半導体スイッチ72Rのダイオード D_2 を流れて、直流電源PWに戻ってしまう。

10

【0043】

かかる直流電源PWの逆接続を考慮して、特開2013-215040号公報に開示されるように、各通電系統における電源リレーとして2つの半導体スイッチを直列接続し、それらの寄生ダイオードの順方向を互いに逆向きとなるようにすることも考えられる。すなわち、通電系統71において、半導体スイッチ71Rに追加の半導体スイッチを直列接続して2つの寄生ダイオードの順方向を互いに逆向きにし、通電系統72において、半導体スイッチ72Rに追加の半導体スイッチを直列接続して2つの寄生ダイオードの順方向を互いに逆向きにする。しかし、このように半導体スイッチを追加した場合には、部品点数が2倍となってコスト及び実装面積が大幅に増加するだけでなく、フェールセーフ処理により電源リレーとして直列接続された2つの半導体スイッチをオフ状態にした通電系統において、モータ3の回転により加わる逆起電圧を直流電源PWに回生すべく、追加の半導体スイッチを再度オン状態にする制御が必要となってフェールセーフ処理が複雑化してしまう。

20

【0044】

そこで、モータ駆動装置7では、電源リレーとして、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rに加えて、1つの半導体スイッチ70R(第2半導体スイッチ)が電源線70PLに設けられている。この半導体スイッチ70Rは、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rと直流電源PWとを直列に接続している。半導体スイッチ70Rは、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rと同様に制御器70CUによって制御され、かかる制御は、車両1のイグニッションキーがオンとなったとき等、モータ3の発生トルクにより操舵補助力を発生させる可能性がある場合に開始される。なお、半導体スイッチ70Rは、制御開始前にはオフ状態となっている。

30

【0045】

半導体スイッチ70Rは、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rと同様に、その制御端子に制御器70CUからの制御信号を入力することでオン・オフ動作し、製造過程で必然的に形成される寄生ダイオード D_0 を有するMOSFET等の半導体素子である。

40

【0046】

半導体スイッチ70Rは、直流電源PWの逆接続による閉回路の形成を防止すべく、寄生ダイオード D_0 が直流電源PWから半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rへ向かう方向の電流を導通させるように電源線70PLに接続される。したがって、半導体スイッチ70Rにおける寄生ダイオード D_0 の順方向は直流電源PWから半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rへ向かう。例えば、半導体スイッチ70RがNチャンネル型のMOSFETである場合には、ソース端子が直流電源PW側に接続され、ドレイン端子が半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72R側に接続される。

【0047】

直流電源PWがモータ駆動装置7に対して逆接続されるバッテリー交換等の際には、制御

50

器 70CU には正常な電圧が供給されず、制御器 70CU が動作しないため、半導体スイッチ 70R はオフ状態となっている。したがって、図 3 のように、バッテリー交換等で直流電源 PW が誤って逆接続された場合でも、オフ状態となっている半導体スイッチ 70R により、半導体スイッチ 71R の寄生ダイオード D_1 及び半導体スイッチ 72R の寄生ダイオード D_2 を通って直流電源 PW に戻ろうとする短絡電流を遮断することができる。

【0048】

次に、図 4 を参照して、モータ駆動装置 7 における逆起電圧回生作用について説明する。ここでは、制御器 70CU が、通電系統 71 及び巻線組 31 に異常が発生したと診断し、フェールセーフ処理として、半導体スイッチ 71R、及び、駆動回路 71INV のスイッチング素子 $71U^+$ 、 $71U^-$ 、 $71V^+$ 、 $71V^-$ 、 $71W^+$ 、 $71W^-$ をオフ状態 (OFF) にしている。また、制御器 70CU は、半導体スイッチ 70R 及び半導体スイッチ 72R をオン状態 (ON) に維持するとともに、正常と診断された通電系統 72 の駆動回路 72INV の出力電流比率を 50 ~ 100 % の所定値に再設定して、モータ 3 が目標操舵補助力に相当するトルクを発生するように、スイッチング素子 $72U^+$ 、 $72U^-$ 、 $72V^+$ 、 $72V^-$ 、 $72W^+$ 、 $72W^-$ に制御信号を出力してオン・オフ動作を行わせている。

10

【0049】

かかるモータ駆動装置 7 の動作状態において、外力による車輪の 13 の方向変化、あるいは、制御器 70CU による正常な通電系統 72 及び巻線組 32 を介したモータ 3 のトルク制御等に起因して、モータ 3 のロータ 30 が巻線組 31 及び巻線組 32 の各相コイルに対して相対回転した場合、ある回転位置では、巻線組 31 及び巻線組 32 の各相コイルに、図 4 に示すように、逆起電圧による電流 (白抜き矢印) が発生しているものと仮定する。

20

【0050】

まず、正常と診断された通電系統 72 及び巻線組 32 では、下アーム側のスイッチング素子 $72V^-$ 、 $72W^-$ のダイオード D を通って巻線組 32 の V 相コイル $32V$ 及び W 相コイル $32W$ に流入した電流は、中性点 $N2$ を通って U 相コイル $32U$ を流れ、上アーム側のスイッチング素子 $72U^+$ のダイオード D を通って、半導体スイッチ 72R まで流れる。半導体スイッチ 72R 及び半導体スイッチ 70R はいずれもオン状態であるので、逆起電圧による電流は半導体スイッチ 72R 及び半導体スイッチ 70R を通って直流電源 PW まで流れる。これにより、駆動回路 72INV におけるスイッチング素子 $72U^+$ 、 $72U^-$ 、 $72V^+$ 、 $72V^-$ 、 $72W^+$ 、 $72W^-$ や、ローパスフィルタの電解コンデンサ $72Ca$ 、 $72Cb$ 等、通電系統 72 における回路素子の故障が抑制される。

30

【0051】

一方、異常と診断された通電系統 71 及び巻線組 31 では、下アーム側のスイッチング素子 $71V^-$ 、 $71W^-$ のダイオード D を通って巻線組 31 の V 相コイル $31V$ 及び W 相コイル $31W$ に流入した電流は、中性点 $N1$ を通って U 相コイル $31U$ を流れ、上アーム側のスイッチング素子 $71U^+$ のダイオード D を通って、半導体スイッチ 71R まで流れる。半導体スイッチ 71R はフェールセーフ処理によりオフ状態となっているが、逆起電圧による電流は半導体スイッチ 71R の寄生ダイオード D_1 を通り、オン状態となっている半導体スイッチ 70R を通って直流電源 PW まで流れる。これにより、駆動回路 71INV におけるスイッチング素子 $71U^+$ 、 $71U^-$ 、 $71V^+$ 、 $71V^-$ 、 $71W^+$ 、 $71W^-$ や、ローパスフィルタの電解コンデンサ $71Ca$ 、 $71Cb$ 等、異常と診断された通電系統 71 における回路素子の故障も抑制される。

40

【0052】

なお、半導体スイッチ 70R の寄生ダイオード D_0 はその順方向が直流電源 PW から半導体スイッチ 71R 及び半導体スイッチ 72R へ向かうため、半導体スイッチ 70R がオフ状態であっても、直流電源 PW から通電系統 71 及び通電系統 72 に向う電流が寄生ダイオード D_0 を通って流れてしまうとも考えられる。しかし、半導体スイッチ 70R がオフ状態であれば、モータ 3 の発生トルクにより操舵補助力を発生させる可能性がない場合

50

あるいは制御器70CUが動作不能である場合等であるため、半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rもオフ状態となっている。このため、直流電源PWから通電系統71及び通電系統72へ向かう電流が半導体スイッチ70Rの寄生ダイオードD₀を流れることは殆どない。

【0053】

このような第1実施形態に係るモータ駆動装置7によれば、各通電系統に半導体スイッチ71R及び半導体スイッチ72Rを設け、これらと直流電源PWとを直列に接続する1つの半導体スイッチ70Rを設けて、これら3つの半導体スイッチ70R、71R、72Rにより、直流電源PWから通電系統71又は通電系統72への電力供給を遮断するための電源リレーを構成している。そして、これら3つの半導体スイッチ70R、71R、72Rでは、半導体スイッチ71R、72Rの寄生ダイオードD₁、D₂が駆動回路71INV、72INVから半導体スイッチ70Rに向かう電流を導通させ、半導体スイッチ70Rの寄生ダイオードD₀が直流電源PWから半導体スイッチ71R、72Rに向かう電流を導通させている。かかる構成により、直流電源PWの逆接続による閉回路の形成を回避できるだけでなく、異常通電系統の半導体スイッチをオフ状態にするフェールセーフ処理の後、異常通電系統において半導体スイッチの制御を特別に行うことなく逆起電圧の回生が可能となり、フェールセーフ処理を簡潔にすることができる。また、半導体スイッチを通電系統毎に2つずつ設ける必要がなく、電源リレーの部品点数を減らしてコスト及び実装面積の低減を図ることが可能である。

10

【0054】

次に、図5～図7を参照して、第1実施形態に対する3つの変形例(第1～3変形例)について説明する。第1～第3変形例では、第1実施形態に対し、ローパスフィルタの構成を変形している。

20

【0055】

前述のように、第1実施形態において、通電系統71では、コイル71L及び2つの電解コンデンサ71Ca、71Cbで構成される型ローパスフィルタを、駆動回路71INVと半導体スイッチ71Rとの間に設け、通電系統72では、コイル72L及び2つの電解コンデンサ72Ca、72Cbで構成される型ローパスフィルタを、駆動回路72INVと半導体スイッチ72Rとの間に設けていた。このような通電系統毎に1つずつ設けられた2つの型ローパスフィルタに代えて、第1～3変形例では、以下のようにローパスフィルタを構成している。

30

【0056】

図5の第1変形例では、直流電源PWと半導体スイッチ70Rとの間の電源線70PLに、コイル70Lと、このコイル70Lの直流電源PW側をグランドに接続する電解コンデンサ70Cと、で構成されたCL型ローパスフィルタが設けられ、通電系統71の半導体スイッチ71Rと駆動回路71INVとの間には給電線71BLとグランドとを接続する電解コンデンサ71Cが設けられ、通電系統72の半導体スイッチ72Rと駆動回路72INVとの間には給電線72BLとグランドとを接続する電解コンデンサ72Cが設けられている。これにより、電源リレーの部品点数だけでなく、ローパスフィルタの部品点数も低減することができる。

40

【0057】

図6の第2変形例では、直流電源PWと半導体スイッチ70Rとの間には電源線70PLとグランドとを接続する電解コンデンサ70Cが設けられ、通電系統71の半導体スイッチ71Rと駆動回路71INVとの間の給電線71BLには、コイル71Lと、このコイル71Lの駆動回路71INV側をグランドに接続する電解コンデンサ71Cと、で構成されたLC型ローパスフィルタが設けられ、通電系統72の半導体スイッチ72Rと駆動回路72INVとの間の給電線72BLには、コイル72Lと、このコイル72Lの駆動回路72INV側をグランドに接続する電解コンデンサ72Cと、で構成されたLC型ローパスフィルタが設けられている。これにより、電源リレーの部品点数だけでなく、ローパスフィルタの部品点数も低減することができる。

50

【 0 0 5 8 】

図 7 の第 3 変形例では、直流電源 P W と半導体スイッチ 7 0 R との間に、コイル 7 0 L 及び 2 つの電解コンデンサ 7 0 C a , 7 0 C b で構成される 1 つの 型ローパスフィルタが設けられたものである。これにより、電源リレーの部品点数だけでなく、ローパスフィルタの部品点数も低減することができる。

【 0 0 5 9 】

次に、図 8 を参照して、第 2 実施形態に係るモータ駆動装置について説明する。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。

【 0 0 6 0 】

第 2 実施形態のモータ駆動装置 7 0 は、第 1 実施形態のモータ駆動装置 7 の制御器 7 0 C U に代えて、通電系統毎に 1 つずつ制御器を備えたものであり、具体的には、通電系統 7 1 に制御器 7 1 C U を有し、通電系統 7 2 に制御器 7 2 C U を有している。制御器 7 1 C U 及び制御器 7 2 C U は、制御器 7 0 C U の機能を通電系統毎に分担させて、モータ駆動装置 7 0 のフェールセーフ機能を強化したものである。

【 0 0 6 1 】

制御器 7 1 C U は、第 1 目標出力電流及び第 1 実電流を演算し、第 1 目標出力電流と第 1 実電流との偏差に基づいて、駆動回路 7 1 I N V の 6 つのスイッチング素子 7 1 U ⁺、7 1 U ⁻、7 1 V ⁺、7 1 V ⁻、7 1 W ⁺、7 1 W ⁻ を個別にオン・オフ動作させる 6 つの制御信号を生成し、これら 6 つの制御信号を各スイッチング素子の制御端子へ出力して、モータ 3 のトルク制御を行う。また、制御器 7 2 C U は、第 2 目標出力電流及び第 2 実電流を演算し、第 2 目標出力電流と第 2 実電流との偏差に基づいて、駆動回路 7 2 I N V の 6 つのスイッチング素子 7 2 U ⁺、7 2 U ⁻、7 2 V ⁺、7 2 V ⁻、7 2 W ⁺、7 2 W ⁻ を個別にオン・オフ動作させる 6 つの制御信号を生成し、これら 6 つの制御信号を各スイッチング素子の制御端子へ出力して、モータ 3 のトルク制御を行う。

【 0 0 6 2 】

なお、第 1 目標出力電流及び第 2 目標出力電流の演算で必要な、駆動回路 7 1 I N V 及び駆動回路 7 2 I N V の目標総出力電流の演算は、制御器 7 1 C U 及び制御器 7 2 C U の少なくとも一方で行い、制御器 7 1 C U 又は制御器 7 2 C U のいずれか一方で目標総出力電流の演算を行った場合には、制御器 7 1 C U と制御器 7 2 C U とを接続する通信線 7 0 C L により、演算した目標総出力電流の情報を含む信号を他方に出力すればよい。

【 0 0 6 3 】

制御器 7 1 C U は通電系統 7 1 及び巻線組 3 1 に異常が発生しているか否かを診断する異常診断機能を有し、制御器 7 2 C U は通電系統 7 2 及び巻線組 3 2 に異常が発生しているか否かを診断する異常診断機能を有している。

【 0 0 6 4 】

例えば、制御器 7 1 C U が、通電系統 7 1 及び巻線組 3 1 に異常が発生したと診断した場合には、通信線 7 0 C L により、正常な通電系統 7 2 の制御器 7 2 C U へ異常が発生した旨の信号を出力する。制御器 7 1 C U は、フェールセーフ処理として、半導体スイッチ 7 1 R、及び、駆動回路 7 1 I N V のスイッチング素子 7 1 U ⁺、7 1 U ⁻、7 1 V ⁺、7 1 V ⁻、7 1 W ⁺、7 1 W ⁻ に制御信号を出力してこれらをオフ状態にし、駆動回路 7 1 I N V 及び巻線組 3 1 への電力供給を遮断する。また、制御器 7 2 C U は、駆動回路 7 2 I N V の出力電流比率を 5 0 ~ 1 0 0 % の所定値に再設定するとともに半導体スイッチ 7 2 R をオン状態に保持して、通電系統 7 2 への電力供給を増やしつつ続行させ、モータ 3 が目標操舵補助力に相当するトルクを発生するようにトルク制御を行う。

【 0 0 6 5 】

また、モータ駆動装置 7 0 には O R 回路 7 0 O R が設けられ、O R 回路 7 0 O R には、例えば、車両 1 のイグニッションキーがオンとなったとき等、モータ 3 の発生トルクにより操舵補助力を発生させる可能性がある場合に、制御器 7 1 C U 及び制御器 7 2 C U から各通電系統・巻線組の正常・異常状態を示すステータス信号が入力され、O R 回路 7 0 O

10

20

30

40

50

Rからは、論理和の出力信号が半導体スイッチ70Rの制御端子に出力される。論理和の出力信号は、両方のステータス信号が異常状態を示す場合に半導体スイッチ70Rをオフ状態にする制御信号となる一方、両方のステータス信号が異常状態を示していない場合に半導体スイッチ70Rをオン状態にする制御信号となる。なお、モータ3の発生トルクにより操舵補助力を発生させる可能性がない場合には、制御器71CU及制御器72CUはOR回路70ORにステータス信号を出力せず、半導体スイッチ70Rはオフ状態となっている。

【0066】

なお、第1実施形態における第1～第3変形例は、第2実施形態のモータ駆動装置70にも適用可能である。

10

【0067】

このような第2実施形態に係るモータ駆動装置70によれば、通電系統71に制御器71CUを設け、通電系統72に制御器72CUを設けて、1つの制御器で行う機能を、通電系統毎に各制御器71CU, 72CUに分担させてフェールセーフ機能を強化した構成としている。かかる構成においても、半導体スイッチ70R, 71R, 72Rによって、第1実施形態と同様に、直流電源PWの逆接続による閉回路の形成を回避できるだけでなく、異常通電系統において半導体スイッチの制御を特別に行うことなく逆起電圧の回生が可能となり、異常通電系統に対するフェールセーフ処理を簡潔にすることができる。また、半導体スイッチを通電系統毎に2つずつ設ける必要がなく、電源リレーの部品点数を減らしてコスト及び実装面積の低減を図ることが可能となる。

20

【0068】

以上、本発明者にとってなされた発明を第1実施形態及び第2実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記の実施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。例えば、モータ3は3相ブラシレスモータに限られず、2相、4相等のブラシレスモータであってもよく、あるいは、ブラシが備えられたモータであってもよい。

【0069】

また、第1実施形態及び第2実施形態において、通電系統71及び通電系統72等が正常と診断されている通常時、駆動回路71INV及び駆動回路72INVの2つの駆動回路の出力電流を合計した総出力電流により、目標操舵補助力に相当するトルクをモータ3に発生させていたが、これに代えて、通常時は、駆動回路71INV又は駆動回路72INVのいずれか一方の出力電流で目標操舵補助力に相当するトルクをモータ3に発生させることができる。例えば、最初は、通電系統72の駆動回路72INVの出力電流で目標操舵補助力に相当するトルクをモータ3に発生させるべく、半導体スイッチ70R及び半導体スイッチ72Rをオン状態にして、半導体スイッチ71Rをオフ状態にしてもよい。このようにすると、休止中の通電系統71には、モータ3のロータ30と巻線組31との相対回転運動から生じた逆起電圧による電流が流れるが、この電流は、半導体スイッチ71RのダイオードD₁を通過してオン状態の半導体スイッチ70Rを直流電源PWに向って流れるので、休止中の通電系統71における回路素子の故障が抑制される。通電系統72及び巻線組32に異常が発生したと診断された場合には、半導体スイッチ72Rをオフ状態にするとともに半導体スイッチ71Rをオン状態にすればよい。

30

40

【0070】

また、第1実施形態及び第2実施形態において、半導体スイッチ70R, 71R, 72Rは、製造過程で必然的に形成される寄生ダイオードを有するMOSFET等の半導体素子であるものとしたが、これに限られず、寄生ダイオードを有していない半導体素子であれば、外部にダイオードが逆並列に接続されていてもよい。

【0071】

また、第1実施形態及び第2実施形態では、説明の便宜上、モータ3が巻線組31及び巻線組32の2組の巻線組を有し、これに対応して、モータ駆動装置7, 70が通電系統71及び通電系統72の2つの通電系統を有している構成としたが、モータ3の巻線組を

50

3つ以上のN組にし、これに対応して、通電系統をN個にしてもよい。この場合には、N個の通電系統の駆動回路に対する給電線に半導体スイッチ71R, 72Rと同様に1つずつ複数の第1半導体スイッチを設け、直流電源PWと半導体スイッチ71R, 72Rとを直列に接続する半導体スイッチ70Rと同様に、直流電源PWとN個の第1半導体スイッチとを直列に接続する1つの第2半導体スイッチを設けて、寄生ダイオードの順方向を第1実施形態及び第2実施形態と同様にすればよい。

【0072】

前述の第1実施形態及び第2実施形態において、モータ3の巻線組を3つ以上のN組にし、これに対応して、通電系統をN個にした場合、異常と診断された通電系統等が2つ以上のM個であれば、正常と診断された(N-M)個の通電系統等における各駆動回路の出力電流比率の合計を $[100 \times (N - M) / N] \% \sim 100 \%$ の所定値に再設定することができ、各駆動回路の出力電流比率を $(100 / N) \% \sim [100 / (N - M)] \%$ にしてもよい。

10

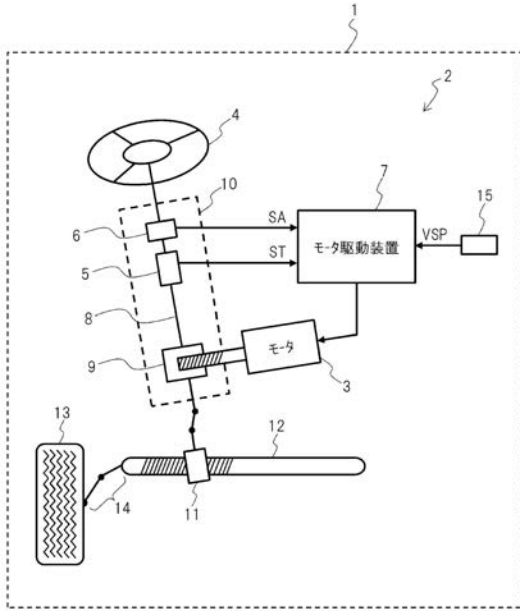
【符号の説明】

【0073】

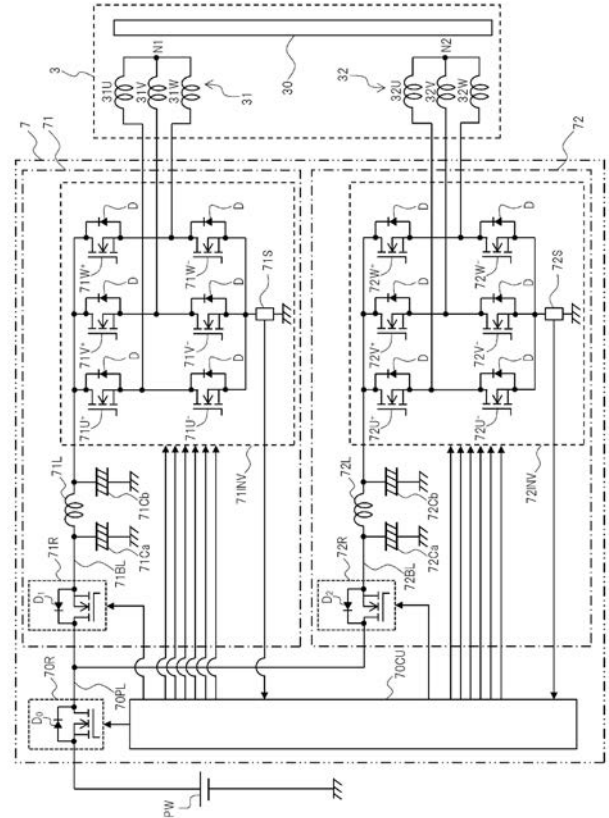
- 1 ... 車両
- 2 ... 電動パワーステアリング
- 3 ... モータ
- 31, 32 ... 巻線組
- 7, 70 ... モータ駆動装置
- 70CU, 71CU, 72CU ... 制御器
- 70R ... 半導体スイッチ
- 71, 72 ... 通電系統
- 71INV, 72INV ... 駆動回路
- 71R, 72R ... 半導体スイッチ
- D0, D1, D2 ... 寄生ダイオード

20

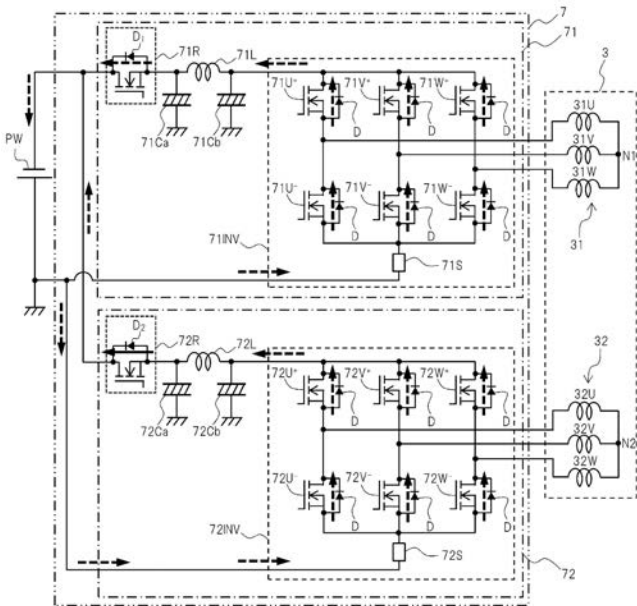
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

