

(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2015-39256
(P2015-39256A)

(43) 公開日 平成27年2月26日(2015.2.26)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)			
HO2P	21/00	(2006.01)	HO2P	5/408	C	3D232
HO2P	27/04	(2006.01)	HO2P	6/02	341P	3D333
HO2P	6/12	(2006.01)	B62D	5/04		5H505
B62D	5/04	(2006.01)	B62D	6/00		5H560
B62D	6/00	(2006.01)	B62D	101:00		

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-53773 (P2013-53773)
(22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)

(71) 出願人 00004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号
(74) 代理人 100075579
弁理士 内藤 嘉昭
(72) 発明者 菊地 祐介
神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内
(72) 発明者 田上 耕太郎
神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内
(72) 発明者 尾崎 学士
神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

最終頁に続く

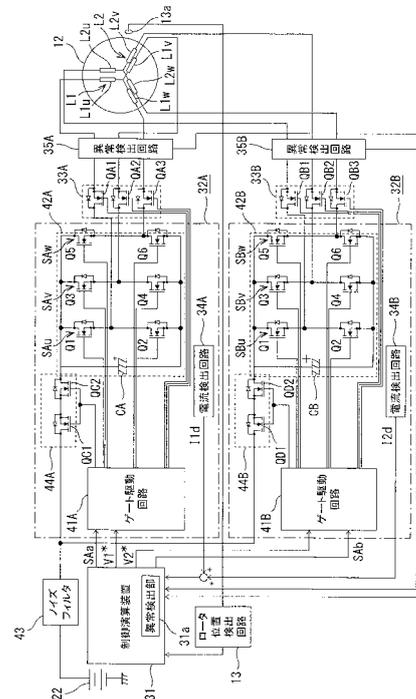
(54) 【発明の名称】 モータ制御装置、これを使用した電動パワーステアリング装置及び車両

(57) 【要約】

【課題】モータ駆動回路にオープン故障やショート故障が生じた場合でも電動モータの駆動制御を継続可能なモータ制御装置、電動パワーステアリング装置及び車両を提供する。

【解決手段】ステータに少なくとも第1及び第2の多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装した多相電動モータに対する指令値を出力する指令値演算部と、該指令値に基づいて各多相モータ巻線に個別に多相モータ駆動電流を供給する第1及び第2のモータ駆動回路と、各モータ駆動回路と各多相モータ巻線との間に個別に介挿された多相の第1及び第2のモータ電流遮断部と、各多相モータ駆動電流或いは電圧の異常を個別に検出する第1及び第2の異常検出部と、各異常検出部の何れか一方で少なくとも一相のモータ駆動電流の異常を検出したときに、異常を検出した側のモータ電流遮断部を電流遮断状態に制御する異常時電流制御部とを備えている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

多相電動モータを駆動制御するモータ制御装置であって、

前記多相電動モータは、ステータに少なくとも 2 系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる第 1 及び第 2 の多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装し、

前記多相電動モータを駆動する指令値を出力する指令値演算部と、

該指令値演算部から出力される指令値に基づいて前記第 1 及び第 2 の多相モータ巻線に個別に第 1 及び第 2 の多相モータ駆動電流を供給する第 1 及び第 2 のモータ駆動回路と、

前記第 1 及び前記第 2 のモータ駆動回路と前記第 1 及び第 2 の多相モータ巻線との間に個別に介挿された多相の第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部と、

前記第 1 及び前記第 2 の多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を個別に検出する第 1 及び第 2 の異常検出部と、

該第 1 及び第 2 の異常検出部の何れか一方で少なくとも一相のモータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、異常を検出した側のモータ電流遮断部を電流遮断状態に制御する異常時電流制御部とを備え、

前記異常時電流制御部で、前記第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部の一方を電流遮断状態に制御した際に、当該モータ電流遮断部の属する異常系統による正常な系統への磁気的影響を抑制した

ことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 2】

前記多相電動モータは、ステータのスロット数が相数 $\times 2n$ (n は 2 以上の整数) に設定され、当該スロット間の磁極に第 1 の多相モータ巻線及び第 2 の多相モータ巻線が交互に巻装されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 の多相モータ駆動電流を出力する第 1 及び第 2 の多相インバータ回路を有し、前記第 1 及び第 2 の異常検出部は、前記第 1 及び第 2 の多相インバータ回路を構成するスイッチング素子のオープン故障及びショート故障を検出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

前記指令値演算部は、前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路に個別に対応する第 1 及び第 2 の指令値演算部で構成され、該第 1 及び第 2 の指令値演算部は演算動作を相互監視し、一方の指令値演算部が他方の指令値演算部の異常を検出したときに、異常となった指令値演算部の動作を停止させるとともに、前記対応するモータ電流遮断部を遮断する遮断指令を前記異常時電流制御部に出力することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の異常時電流制御部は、異常を検出したときに、前記第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部における異常側の各相遮断部を同時に遮断することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

前記各相遮断部は、寄生ダイオードの向きが同一方向となるように介挿された電界効果トランジスタで構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載のモータ制御装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 の多相インバータ回路と電源供給源との間に個別に第 1 及び第 2 の電源遮断部が介挿されていることを特徴とする請求項 3 に記載のモータ制御装置。

【請求項 8】

前記第 1 及び第 2 の電源遮断部は、寄生ダイオードを有するスイッチング素子で構成さ

10

20

30

40

50

れ、各スイッチング素子が寄生ダイオードの向きが逆方向となるように逆直列接続されていることを特徴とする請求項 7 に記載のモータ制御装置。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 の電源遮断部は一部の電源遮断素子を共通化した構成を有することを特徴とする請求項 8 に記載のモータ制御装置。

【請求項 10】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路に供給されるモータ駆動指令値は等分配されたモータトルク指令値であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 11】

前記指令値演算部は、前記第 1 及び第 2 の異常検出部で多相モータ電流あるいは電圧の異常を検出したときに、正常なモータ駆動回路に対するモータ駆動指令値として許容電流値に達するまでは正常時のモータ駆動指令値の合計を表すモータトルク指令値を設定することを特徴とする請求項 10 に記載のモータ制御装置。

【請求項 12】

前記第 1 の多相モータ巻線及び第 2 の多相モータ巻線の磁極に対する巻回方向が互いに逆方向となるように設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 13】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 のインバータ回路に供給するスイッチングキャリア信号を同期させたことを特徴とする請求項 3 から 12 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 14】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 のインバータ回路に供給するスイッチングキャリア信号の位相を発生ノイズが分散するようにずらして非同期としたことを特徴とする請求項 3 から 12 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 15】

ステアリング機構に操舵補助力を発生させる電動モータを含むモータ制御装置を前記請求項 1 ~ 14 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置で構成したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 16】

前記請求項 1 乃至 14 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置を備えたことを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両に搭載された多相電動モータを駆動制御するモータ制御装置、これを使用した電動パワーステアリング装置及び車両に関する。

【背景技術】

【0002】

車両に搭載する電動パワーステアリング装置の電動モータや、電動ブレーキ装置の電動モータ、電気自動車やハイブリッド車の走行用電動モータ等を駆動制御するモータ制御装置は、モータ制御系に異常が発生した場合でも電動モータの駆動を継続できることが望まれている。

【0003】

上記要望に応えるために、多相電動モータの多相モータ巻線を例えば二重化し、二重化した多相モータ巻線に対して個別のインバータ部から電流を供給し、一方のインバータ部のスイッチング手段に導通不可となるオフ故障すなわちオープン故障が生じた場合に、故障が生じた故障スイッチング手段を特定し、故障スイッチング手段を除くスイッチング手段を制御するとともに、故障スイッチング手段を含む故障インバータ部以外の正常インバ

10

20

30

40

50

ータ部を制御する故障時制御手段を有する多相回転機の制御装置およびこれを用いた電動パワーステアリング装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4998836号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、前述した特許文献1に記載された従来例にあつては、二重化したインバータ部の一方に、スイッチング手段のオフ故障が発生した場合に、オフ故障した故障スイッチング手段を除くスイッチング手段を制御するとともに、故障スイッチング手段を含む故障インバータ部を制御することによるトルクの低下分を正常なインバータ部におけるq軸電流指令値を補正することにより、トルクの低下を抑制しながら多相回転機の駆動制御を継続するようにしている。

10

【0006】

このため、上記従来例では、インバータ部のスイッチング手段にオフ故障が生じた場合には、十分なトルクを発生することができるが、インバータ部のスイッチング手段にてショート故障が生じた場合には、対処できないという未解決の課題がある。

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、モータ駆動回路にオープン故障やショート故障が生じた場合でも電動モータの駆動制御を継続することが可能なモータ制御装置、これを使用した電動パワーステアリング装置及び車両を提供することを目的としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を解決するために、本発明に係るモータ制御装置の一態様は、多相電動モータを駆動制御するモータ制御装置であつて、前記多相電動モータは、ステータに少なくとも2系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる第1及び第2の多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装し、前記多相電動モータを駆動する指令値を出力する指令値演算部と、該指令値演算部から出力される指令値に基づいて前記第1及び第2の多相モータ巻線に個別に第1及び第2の多相モータ駆動電流を供給する第1及び第2のモータ駆動回路と、前記第1及び前記第2のモータ駆動回路と前記第1及び第2の多相モータ巻線との間に個別に介挿された多相の第1及び第2のモータ電流遮断部と、前記第1及び前記第2の多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を個別に検出する第1及び第2の異常検出部と、該第1及び第2の異常検出部の何れか一方で少なくとも一相のモータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、異常を検出した側のモータ電流遮断部を電流遮断状態に制御する異常時電流制御部とを備え、前記異常時電流制御部で、前記第1及び第2のモータ電流遮断部の一方を電流遮断状態に制御した際に、当該モータ電流遮断部の属する異常系統による正常な系統への磁気的影響を抑制している。

30

40

【0008】

また、本発明に係る電動パワーステアリング装置の一態様は、上記モータ制御装置をステアリング機構に操舵補助力を発生させる電動モータを含むモータ制御装置に適用している。

さらに、本発明に係る車両の一態様は、上述したモータ制御装置を備えている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、多相電動モータに少なくとも2系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装し、1個のロータ位相検出センサで各多相モータ巻線に個

50

別のモータ駆動回路で多相モータ駆動電流を供給するとともに、各モータ駆動回路及び多相モータ巻線間にモータ電流遮断部を設け、各多相モータ駆動電流或いは電圧の一方に異常が発生した場合に、異常が発生した多相モータ駆動電流の供給系統に設けたモータ電流遮断部を遮断する。このため、モータ駆動回路にオープン故障やショート故障が発生した場合でも正常な系統への磁気的影響を抑制した状態で正常なモータ駆動回路で電動モータの駆動を継続することができる。

【0010】

また、上記効果を有するモータ制御装置を含んで電動パワーステアリング装置を構成するので、少なくとも2系統の多相モータ駆動電流の一方に異常が発生した場合でも正常なモータ駆動回路で多相モータ駆動電流を電動モータに供給することができ電動パワーステアリング装置の操舵補助機能の継続が可能となる。

10

さらに、上記効果を有するモータ制御装置を含んで車両を構成するので、多相電動モータの少なくとも2系統のモータ駆動回路の一方に異常が発生した場合でも正常なモータ駆動回路で多相モータ駆動電流を電動モータに供給して電動モータでのトルク発生を継続することができ、電動モータの信頼性を向上させる車両を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係る電動パワーステアリング装置の第1の実施形態を示すシステム構成図である。

20

【図2】第1の実施形態におけるモータ制御装置の具体的構成を示す回路図である。

【図3】第1の実施形態における3相電動モータの構成を示す断面図である。

【図4】図3の3相電動モータの巻線構造を示す模式図である。

【図5】正常時の操舵トルクと操舵補助電流指令値との関係を示す特性線図である。

【図6】異常時の操舵トルクと操舵補助電流指令値との関係を示す特性線図である。

【図7】本発明の第2の実施形態を示す回路図である。

【図8】本発明の第3の実施形態における3相電動モータの構成を示す断面図である。

【図9】第3の実施形態における効果の説明に供する電圧、電流波形図である。

【図10】本発明の第4の実施形態を示す回路図である。

【図11】本発明の第5の実施形態を示す回路図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明のモータ制御装置を車両に搭載した電動パワーステアリング装置に適用した場合の第1の実施形態を示す全体構成図である。

図中、符号1は、ステアリングホイールであり、このステアリングホイール1に運転者から作用される操舵力がステアリングシャフト2に伝達される。このステアリングシャフト2は、入力軸2aと出力軸2bとを有する。入力軸2aの一端はステアリングホイール1に連結され、他端は操舵トルクセンサ3を介して出力軸2bの一端に連結されている。

【0013】

そして、出力軸2bに伝達された操舵力は、ユニバーサルジョイント4を介してロアシャフト5に伝達され、さらに、ユニバーサルジョイント6を介してピニオンシャフト7に伝達される。このピニオンシャフト7に伝達された操舵力はステアリングギヤ8を介してタイロッド9に伝達され、図示しない転舵輪を転舵させる。ここで、ステアリングギヤ8は、ピニオンシャフト7に連結されたピニオン8aとこのピニオン8aに噛合するラック8bとを有するラックアンドピニオン形式に構成され、ピニオン8aに伝達された回転運動をラック8bで車幅方向の直進運動に変換している。

40

【0014】

ステアリングシャフト2の出力軸2bには、操舵補助力を出力軸2bに伝達する操舵補助機構10が連結されている。この操舵補助機構10は、出力軸2bに連結した例えばウォームギヤ機構で構成される減速ギヤ11と、この減速ギヤ11に連結された操舵補助力

50

を発生する例えば3相ブラシレスモータで構成される多相電動モータとしての3相電動モータ12とを備えている。

操舵トルクセンサ3は、ステアリングホイール1に付与されて入力軸2aに伝達された操舵トルクを検出するもので、例えば、操舵トルクを入力軸2a及び出力軸2b間に介挿した図示しないトーションバーの捩れ角変位に変換し、この捩れ角変位を抵抗変化や磁気変化に変換して検出するように構成されている。

【0015】

また、3相電動モータ12は、図3に示すように、内周面に内方に突出形成されてスロットSLを形成する磁極となるティースTを有するステータ12Sと、このステータ12Sの内周側にティースTと対向して回転自在に配置された永久磁石PMを表面に配置した8極の表面磁石型のロータ12Rとを有するSPMモータの構成を有する。ここで、ステータ12SのティースTの数を相数 $\times 2n$ (n は2以上の整数)で例えば $n=2$ に設定して8極、12スロットの構成としている。

10

【0016】

そして、ステータ12SのスロットSLに、図4に示す2系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる多相モータ巻線となる第1の3相モータ巻線L1と第2の3相モータ巻線L2とが巻装されている。第1の3相モータ巻線L1は、U相コイルL1u、V相コイルL1v及びW相コイルL1wの一端が互いに接続されてスター結線とされ、各相コイルL1u、L1v及びL1wの他端がモータ制御装置20に接続されて個別にモータ駆動電流I1u、I1v及びI1wが供給されている。

20

【0017】

各相コイルL1u、L1v及びL1wには、それぞれ2つのコイル部L1ua、L1ub、L1va、L1vb及びL1wa、L1wbが形成されている。これらコイル部L1ua、L1va及びL1waは、時計方向のティースT1、T2及びT3に集中巻きで巻装されている。また、コイル部L1ub、L1vb及びL1wbはティースT1、T2及びT3とはロータ12Rを挟んで対角となる時計方向のティースT7、T8及びT9に集中巻きで巻装されている。

また、第2の3相モータ巻線L2は、U相コイルL2u、V相コイルL2v及びW相コイルL2wの一端が互いに接続されてスター結線とされ、各相コイルL2u、L2v及びL2wの他端がモータ制御装置20に接続されて個別にモータ駆動電流I2u、I2v及びI2wが供給されている。

30

【0018】

各相コイルL2u、L2v及びL2wには、それぞれ2つのコイル部L2ua、L2ub、L2va、L2vb及びL2wa、L2wbが形成されている。これらコイル部L2ua、L2va及びL2waは、時計方向のティースT4、T5及びT6に集中巻きで巻装されている。また、コイル部L1ub、L1vb及びL1wbはティースT4、T5及びT6とはロータ12Rを挟んで対角となる時計方向のティースT10、T11及びT12に集中巻きで巻装されている。

そして、各相コイルL1u~L1wのコイル部L1ua、L1ub、L1va、L1vb及びL1wa、L1wb及び各相コイルL2u~L2wのコイル部L2ua、L2ub、L2va、L2vb及びL2wa、L2wbは各ティースTを挟むスロットSLに通電電流の方向が同一方向となるように巻回されている。

40

【0019】

このように第1の3相モータ巻線L1の各相コイルL1u~L1wのコイル部L1ua、L1ub、L1va、L1vb及びL1wa、L1wbと、第2の3相モータ巻線L2の各相コイルL2u~L2wのコイル部L2ua、L2ub、L2va、L2vb及びL2wa、L2wbとが互いに異なる12本のティースに巻装されている。すなわち、12本のティースTに、順次第1系統となる相コイルL1ua、L1va、L1waを時計方向に順に同一の巻回方向で巻装し、次いで、第2系統となる相コイルL2ua、L2va及びL2waを時計方向に順に同一の巻回方向で巻装し、さらに第1系統となる相コイル

50

L1ub、L1vb、L1wbを時計方向に順に同一の巻回方向で巻装し、最後に、第2系統となる相コイルL2ub、L2vb及びL2wbを時計方向に順に同一の巻回方向で巻装している。このため、第1の多相モータ巻線L1及び第2のモータ巻線L2の同相のコイル部がロータ12Rの各磁極の永久磁石PMで形成される同一の磁束に同時に鎖交することがないように巻装されている。したがって、第1の3相モータ巻線L1の各コイル部と第2の3相モータ巻線L2の各コイル部とで互いの磁気的な干渉を最小限に抑制する磁気回路を構成している。

【0020】

さらに、3相電動モータ12は、図2に示すように、ロータの回転位置を検出するホール素子などの回転位置センサ13aを備えている。この回転位置センサ13aからの検出値がロータ回転角検出回路13に供給されてこのロータ回転角検出回路13でロータ回転角 θ を検出する。

10

モータ制御装置20には、操舵トルクセンサ3で検出された操舵トルクT及び車速センサ21で検出された車速Vsが入力されるとともに、ロータ回転角検出回路13から出力されるロータ回転角 θ が入力される。

【0021】

また、モータ制御装置20には、直流電流源としてのバッテリー22から直流電流が入力されている。

モータ制御装置20の具体的構成は、図2に示すように構成されている。すなわち、モータ制御装置20は、モータ電流指令値を演算する制御演算装置31と、この制御演算装置31から出力されるモータ電流指令値が個別に入力される第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bと、これら第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bの出力側と3相電動モータ12の第1及び第2の3相モータ巻線L1及びL2との間に介挿された第1及び第2のモータ電流遮断回路33A及び33Bとを備えている。

20

【0022】

制御演算装置31には、図2には図示を省略しているが、図1に示す操舵トルクセンサ3で検出した操舵トルクT及び車速センサ21で検出した車速Vが入力されているとともに、図2に示すように、ロータ位置検出回路13から出力されるロータ回転角 θ とが入力され、さらに電流検出回路34A及び34Bから出力される三相電動モータ12の第1の多相モータ巻線L1及び第2の多相モータ巻線L2の各相のコイルから出力されるモータ電流I1d及びI2dが入力されている。

30

【0023】

制御演算装置31では、モータ駆動回路32A及び32Bの正常時には操舵トルクT及び車速Vをもとに予め設定された図5に示す正常時操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値I1*及びI2*を算出する。また、制御演算装置31では、モータ駆動回路32A又は32Bの異常時には操舵トルクT及び車速Vをもとに予め設定された図6に示す異常時操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値I1*及びI2*を算出する。

【0024】

また、制御演算装置31では、算出した操舵補助電流指令値I1*及びI2*とロータ回転角 θ とに基づいてd-q座標系の目標d軸電流指令値Id*及び目標q軸電流指令値Iq*を算出し、算出したd軸電流指令値Id*及びq軸電流指令値Iq*をdq相-3相変換してU相電流指令値Iu*、V相電流指令値Ib*及びW相電流指令値Iw*を算出する。そして、算出したU相電流指令値Iu*、V相電流指令値Iv*及びW相電流指令値Iw*と電流検出回路34A及び34Bで検出した電流検出値の相毎の加算値との電流偏差Iu、Iv及びIwを算出し、これら電流偏差Iu、Ib及びIwについて例えばPI制御演算又はPID制御演算を行って第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bに対する3相の電圧指令値V1*及びV2*を算出し、算出した3相の電圧指令値V1*及びV2*を第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bに出力する。

40

50

【 0 0 2 5 】

また、制御演算装置 3 1 には、第 1 及び第 2 のモータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B と 3 相電動モータ 1 2 の第 1 及び第 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 との間に設けられた異常検出回路 3 5 A 及び 3 5 B で検出したモータ電流検出値 I_{1ud} 、 I_{1vd} 、 I_{1wd} 及び I_{2ud} 、 I_{2vd} 、 I_{2wd} が入力されている。そして、制御演算装置 3 1 は、入力されるモータ電流検出値 $I_{1ud} \sim I_{1wd}$ 及び $I_{2ud} \sim I_{2wd}$ と自身が算出した各相電流指令値 I_u^* 、 I_v^* 及び I_w^* とを比較して後述する第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B を構成するスイッチング素子としての電界効果トランジスタ (FET) Q 1 ~ Q 6 のオープン故障及びショート故障を検出する異常検出部 3 1 a を備えている。この異常検出部 3 1 a では、第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B を構成する電界効果トランジスタ (FET) のオープン故障又はショート故障を検出したときに、異常を検出したモータ駆動回路 3 2 A 又は 3 2 B のゲート駆動回路 4 1 A 又は 4 1 B に対して論理値 “ 1 ” の異常検出信号 S A a 又は S A b を出力する。

10

【 0 0 2 6 】

第 1 及び第 2 のモータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B のそれぞれは、制御演算装置 3 1 から出力される 3 相の電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* が入力されてゲート信号を形成するとともに、異常時電流制御部を兼ねるゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B と、これらゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B から出力されるゲート信号が入力される第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B とを備えている。

ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B のそれぞれは、制御演算装置 3 1 から電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* が入力されると、これら電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* と三角波のキャリア信号 S c とをもとにパルス幅変調 (PWM) した 6 つのゲート信号を形成し、これらゲート信号をインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B に出力する。

20

【 0 0 2 7 】

また、ゲート駆動回路 4 1 A は、制御演算装置 3 1 から入力される異常検出信号 S A a が論理値 “ 0 ” (正常) であるときには、モータ電流遮断回路 3 4 A に対してハイレベルの 3 つのゲート信号を出力するとともに、電源遮断回路 4 4 A に対してハイレベルの 2 つのゲート信号を出力し、異常検出信号 S A a が論理値 “ 1 ” (異常) であるときにはモータ電流遮断回路 3 3 A に対してローレベルの 3 つのゲート信号を同時に出力し、モータ電流を遮断するとともに、電源遮断回路 4 4 A に対してローレベルの 2 つのゲート信号を同時に出力し、バッテリー電力を遮断する。

30

【 0 0 2 8 】

同様に、ゲート駆動回路 4 1 B は、制御演算装置 3 1 から入力される異常検出信号 S A b が論理値 “ 0 ” (正常) であるときには、モータ電流遮断回路 3 4 B に対してハイレベルの 3 つのゲート信号を出力するとともに、電源遮断回路 4 4 B に対してハイレベルの 2 つのゲート信号を出力し、異常検出信号 S A b が論理値 “ 1 ” (異常) であるときにはモータ電流遮断回路 3 3 B に対してローレベルの 3 つのゲート信号を同時に出力し、モータ電流を遮断するとともに、電源遮断回路 4 4 B に対してローレベルの 2 つのゲート信号を同時に出力し、バッテリー電力を遮断する。

40

【 0 0 2 9 】

第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B のそれぞれは、ノイズフィルタ 4 3 及び電源遮断回路 4 4 A 及び 4 4 B を介してバッテリー 2 2 のバッテリー電流が入力され、入力側に平滑用の電解コンデンサ C A 及び C B が接続されている。

これら第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B は、6 個のスイッチング素子としての電界効果トランジスタ (FET) Q 1 ~ Q 6 を有し、2 つの電界効果トランジスタを直列に接続した 3 つのスイッチングアーム S A u、S A v 及び S A w を並列に接続した構成を有する。そして、各電界効果トランジスタ Q 1 ~ Q 6 のゲートにゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B から出力されるゲート信号が入力されることにより、各スイッチングアーム S A u、S A v 及び S A w の電界効果トランジスタ間から U 相電流 I_u 、V 相電流 I_v 及び W 相電流 I_w がモータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B を介して 3 相電動モータ 1 2 の

50

第 1 及び第 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 に出力する。

【 0 0 3 0 】

また、図示しないがインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B の各スイッチングアーム S A u、S A v 及び S A w と接地との間に介挿されたシャント抵抗の両端電圧が電流検出回路 3 4 A 及び 3 4 B に入力され、これら電流検出回路 3 4 A 及び 3 4 B でモータ電流 I 1 u ~ I 1 w 及び I 2 u ~ I 2 w が検出される。

【 0 0 3 1 】

また、モータ電流遮断回路 3 3 A は、3 つの電流遮断用の電界効果トランジスタ Q A 1、Q A 2 及び Q A 3 を有する。電界効果トランジスタ Q A 1 のソースが第 1 のインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム S A u のトランジスタ Q 1 及び Q 2 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 A を介して第 1 の 3 相モータ巻線 L 1 の U 相コイル L 1 u に接続されている。また、電界効果トランジスタ Q A 2 のソースが第 1 のインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム S A v のトランジスタ Q 3 及び Q 4 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 A を介して第 1 の 3 相モータ巻線 L 1 の V 相コイル L 1 v に接続されている。さらに、電界効果トランジスタ Q A 3 のソースが第 1 のインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム S A w のトランジスタ Q 5 及び Q 6 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 A を介して第 1 の 3 相モータ巻線 L 1 の W 相コイル L 1 w に接続されている。

10

【 0 0 3 2 】

また、モータ電流遮断回路 3 3 B は、3 つの電流遮断用の電界効果トランジスタ Q B 1、Q B 2 及び Q B 3 を有する。電界効果トランジスタ Q B 1 のソースが第 2 のインバータ回路 4 2 B のスイッチングアーム S B u のトランジスタ Q 1 及び Q 2 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 B を介して第 2 の 3 相モータ巻線 L 2 の U 相コイル L 2 u に接続されている。また、電界効果トランジスタ Q B 2 のソースが第 2 のインバータ回路 4 2 B のスイッチングアーム S B v のトランジスタ Q 3 及び Q 4 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 A を介して第 2 の 3 相モータ巻線 L 2 の V 相コイル L 2 v に接続されている。さらに、電界効果トランジスタ Q B 3 のソースが第 2 のインバータ回路 4 2 B のスイッチングアーム S B w のトランジスタ Q 5 及び Q 6 の接続点に接続され、ドレインが異常検出回路 3 5 A を介して第 2 の 3 相モータ巻線 L 2 の W 相コイル L 2 w に接続されている。

20

30

【 0 0 3 3 】

そして、モータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B の電界効果トランジスタ Q A 1 ~ Q A 3 及び Q B 1 ~ Q B 3 がそれぞれの寄生ダイオード D のカソードをインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B 側として各々が同一向きに接続されている。

また、電源遮断回路 4 4 A 及び 4 4 B のそれぞれは、2 つの電界効果トランジスタ (F E T) Q C 1、Q C 2 及び Q D 1、Q D 2 がドレイン同士を接続して寄生ダイオードが逆向きとなる直列回路構成を有する。そして、電界効果トランジスタ Q C 1 及び Q D 1 のソースが互いに接続されてノイズフィルタ 4 3 の出力側に接続され、電界効果トランジスタ Q C 2 及び Q D 2 のソースが第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B の各電界効果トランジスタ Q 1、Q 2 及び Q 3 のソースに接続されている。

40

【 0 0 3 4 】

次に、上記第 1 の実施形態の動作を説明する。

図示しないイグニッションスイッチがオフ状態であって車両が停止していると共に、操舵補助制御処理も停止している作動停止状態であるときには、モータ制御装置 2 0 の制御演算装置 3 1 が非作動状態となっている。このため、制御演算装置 3 1 で実行される操舵補助制御処理及び異常監視処理は停止されている。したがって、電動モータ 1 2 は作動を停止しており、ステアリング機構 1 0 への操舵補助力の出力を停止している。

【 0 0 3 5 】

この作動停止状態からイグニッションスイッチをオン状態とすると、制御演算装置 3 1 が作動状態となり、操舵補助制御処理及び異常監視処理を開始する。このとき、各モータ

50

駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B における各電界効果トランジスタ Q 1 ~ Q 6 にオープン故障及びショート故障が発生していない正常状態であるものとする。このときには、ステアリングホイール 1 を操舵していない非操舵状態では、制御演算装置 3 1 で実行する操舵補助制御処理で操舵トルク T が “ 0 ” であり、車速 V も “ 0 ” であるので、図 5 の正常時操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値を算出する。この正常時操舵補助電流指令値算出マップでは、目標とする実線図示の操舵補助電流指令値 I_t^* を算出する特性線 L 1 に対して各操舵トルク T に応じて半分の値となる 2 系統で均等割りした操舵補助電流指令値 I^* が算出される。

【 0 0 3 6 】

そして、算出された操舵補助電流指令値 I^* とロータ位置検出回路 1 3 から入力されるロータ回転角 r とに基づいて d 軸電流指令値 I_d^* 及び q 軸電流指令値 I_q^* を算出し、算出した d 軸電流指令値 I_d^* 及び q 軸電流指令値 I_q^* を d q 二相 - 三相変換処理を行って U 相電流指令値 I_u^* 、V 相電流指令値 I_v^* 及び W 相電流指令値 I_w^* を算出する。

10

【 0 0 3 7 】

さらに、各相電流指令値 I_u^* 、 I_v^* 及び I_w^* と電流検出回路 3 4 A 及び 3 4 B で検出した各相電流検出値 I_{1d} 及び I_{2d} の加算値との電流偏差 I_u 、 I_v 及び I_w を算出し、算出した電流偏差 I_u 、 I_v 及び I_w を P I 制御処理又は P I D 制御処理を行って目標電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 及び V_w^* を算出する。そして、算出した目標電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 及び V_w^* を目標電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* として第 1 及び第 2 のモータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B のゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B に出力する。また、制御演算装置 3 1 は、インバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B が正常であるので、論理値 “ 0 ” の異常検出信号 S A a 及び S A b をゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B に出力する。

20

【 0 0 3 8 】

このため、ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B では、モータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B に対してハイレベルの 3 つのゲート信号を出力する。このため、モータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B の電界効果トランジスタ Q A 1 ~ Q A 3 及び Q B 1 ~ Q B 3 がオン状態となって、インバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B と 3 相電動モータ 1 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 との間が導通状態となって、3 相電動モータ 1 2 に対する通電制御が可能な状態となる。

30

【 0 0 3 9 】

これと同時に、ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B から電源遮断回路 4 4 A 及び 4 4 B に対してハイレベルのゲート信号を出力する。このため、電源遮断回路 4 4 A 及び 4 4 B の電界効果トランジスタ Q C 1、Q C 2 及び Q D 1、Q D 2 がオン状態となってバッテリー 2 2 からの直流電力がノイズフィルタ 4 3 を介してインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B に供給される。

さらに、ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B では、制御演算装置 3 1 から入力される電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* に基づいてパルス幅変調を行ってゲート信号を形成し、形成したゲート信号をインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B の各電界効果トランジスタ Q 1 ~ Q 6 のゲートに供給する。

40

【 0 0 4 0 】

したがって、車両が停止状態で、ステアリングホイール 1 を操舵していない状態では、操舵トルク T_s が “ 0 ” であるので、操舵補助電流指令値も “ 0 ” となって電動モータ 1 2 は停止状態を維持する。しかしながら、車両の停止状態でステアリングホイール 1 を操舵して所謂据え切りを行うと、操舵トルク T_s が大きくなることにより、図 5 を参照して、必要とする大きな目標操舵補助電流指令値 I_t^* を半分に均等割りした操舵補助電流指令値 I^* が算出され、これに応じた大きな電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* がゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B に供給される。このため、ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B から大きな電圧指令値 V_1^* 及び V_2^* に応じたデューティ比のゲート信号がインバータ回路 4 2 A

50

及び42Bに出力される。これに応じてインバータ回路42A及び42Bから操舵補助電流指令値 I^* に応じた120度の位相差を有するU相電流 I_{1u} 、V相電流 I_{1v} 、W相電流 I_{1w} 及び I_{2u} 、 I_{2v} 及び I_{3w} が出力され、これらがモータ電流遮断回路33A及び33Bの各相に対応する電界効果トランジスタQA1～QA3及びQB1～QB3を通過して3相電動モータ12の3相モータ巻線L1及びL2の各相コイルL1u～L1w及びL2u～L2wに供給される。

【0041】

これにより、電動モータ12が回転駆動されて、操舵トルク T_s に応じた目標操舵補助電流値 I_t^* に対応する大きな操舵補助力を発生し、この操舵補助力が減速ギヤ11を介して出力軸2bに伝達される。このため、ステアリングホイール1を軽い操舵力で操舵することができる。

10

その後、車速 V_s が増加すると、これに応じて算出される操舵補助電流指令値が据え切り時に比較して低下して電動モータ12で操舵トルク T_s 及び車速 V_s に応じて適度に減少させた操舵補助力を発生する。

【0042】

このように、インバータ回路42A及び42Bが正常で、3相電動モータ12に供給されるモータ電流 I_u 、 I_v 及び I_w が正常である場合には、操舵トルク T_s 及び車速 V_s に最適なモータ電流が3相電動モータ12に供給される。

この正常状態では、ゲート駆動回路41A及び41Bで行うパルス幅変調(PWM)処理におけるキャリア信号を同期することで、スイッチングによるうなりを抑制することができる。

20

【0043】

この正常状態から、第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bの第1及び第2のインバータ回路42A及び42Bの一方例えばインバータ回路42Bの例えば下アーム側の電界効果トランジスタQ2、Q4及びQ6の何れか1つ又は複数にショート故障が発生すると、ショート故障を生じたスイッチングアーム S_{Bi} ($i = u, v, w$)からモータ電流遮断回路33Aに出力されるモータ電流 I_i が流れなくなることから、異常検出部31aで各相電流指令値 I_i^* と比較したときに、ショート故障の発生による異常を検出することができる。また、図3の異常検出回路35A、35Bでの電圧検出値が所定の電圧とならず異常を検出することができる。

30

【0044】

このように、モータ駆動回路32Bのインバータ回路42Bにショート故障が発生すると、異常検出信号SAaは論理値“0”に維持されるが、異常検出信号SAbが論理値“1”となる。このため、インバータ回路42Bの6個のゲート信号を全てオフすると共に、モータ駆動回路32Bのゲート駆動回路41Bからモータ電流遮断回路33Bに対してローレベルの3つのゲート信号を同時に出力し、さらに電源遮断回路44Bに対してローレベルの2つのゲート信号を同時に出力する。

このため、モータ電流遮断回路33Bでは、各相の電界効果トランジスタQB1～QB3がオフ状態となり、3相電動モータ12の第2の3相モータ巻線L2の各相コイルL2u～L2wに対する通電が遮断される。

40

【0045】

これと同時に、電源遮断回路44Bでも、電界効果トランジスタQD1及びQD2がオフ状態に制御され、バッテリー22及び第2のインバータ回路42Bとの間の通電路が遮断される。このとき、電界効果トランジスタQD1及びQD2は寄生ダイオードが互いに逆方向となるようにドレイン同士が接続されたた直列接続構成を有するので、バッテリー22及びショート故障を生じた第2のインバータ回路42B間の双方向の電流路が確実に遮断されることになる。

【0046】

ちなみに、電源遮断回路44A及び44Bを1つの電界効果トランジスタで構成した場合には、この電界効果トランジスタの寄生ダイオードのアノードからカソードへの電流は

50

遮断することができず、バッテリー 2 2 及びインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B 間を確実に遮断することはできないが、本実施形態では 2 つの電界効果トランジスタ Q C 1 , Q C 2 及び Q D 1 , Q D 2 を寄生ダイオードの向きを極性が逆となるように接続しているため、寄生ダイオードを通じて流れる電流を確実に遮断することができる。

【 0 0 4 7 】

そして、この異常状態を検出すると、制御演算装置 3 1 では、図 6 に示す異常時操舵補助電流指令値算出マップを参照して操舵補助電流指令値 I^* を算出する。このため、算出される操舵補助電流指令値 I^* がインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B で流すことが可能な電流値までは正常時の目標操舵補助電流指令値 I_t^* すなわちインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B の双方を動作させている場合と同じ電流指令値となる。したがって、許容電流値に達するまでは正常時の操舵と全く同じ操舵補助力を 3 相電動モータ 1 2 で発生させることができ、運転者に違和感を与えることがない。しかも、ある程度の車速 V_s で走行している状態では、必要な操舵補助力も小さくなるので、異常発生を運転者に感じさせることなく操舵補助制御を継続することができる。しかしながら、大きな操舵補助力を必要とする据え切り時や極低速走行時の操舵時には運転者に異常の発生を感知させることができ、修理が必要なことを警告することができる。

10

【 0 0 4 8 】

また、ロータ 1 2 R の磁極を構成する永久磁石 P M からの磁束がそれぞれの磁極群毎 (9 0 ° 毎) にコイルと鎖交するため、それぞれの磁極群毎で構成されたモータ特性に対して相互の影響を極めて少なくすることができる。例えば、一方のモータ駆動回路 3 2 A (又は 3 2 B) にショート故障が発生して、このモータ駆動回路 3 2 を遮断するまでの過渡的なショート電流が発生してももう一方のコイルに与える影響を極めて少なくすることができる。

20

【 0 0 4 9 】

また、上記第 1 の実施形態では、モータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B が電源遮断回路 4 4 A 及び 4 4 B によって遮断されるので、コイルの占積率にも影響がなく、1 組のインバータ駆動においても良好なモータ特性を実現することができる。

一方、正常動作時には、第 1 及び第 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 で各々 1 / 2 の出力を発生でき、万一故障しても 1 / 2 のモータ特性を出力することができる。モータ軸周りで対称のラジアル発生力で相殺できることから、軸にラジアル力が影響することがない。しかも、故障時の出力も温度上昇が許容できる範囲内で、正常時の 1 / 2 以上のモータ特性を出力することができる。

30

【 0 0 5 0 】

また、第 2 のインバータ回路 4 2 B に代えて第 1 のインバータ回路 4 2 A にショート故障が生じた場合には、モータ駆動回路 3 2 A に対応するモータ電流遮断回路 3 3 A で 3 相電動モータ 1 2 へのモータ電流の供給を遮断するとともに、電源遮断回路 4 4 A で第 1 のインバータ回路 4 2 A へのバッテリー電流の供給を遮断する。そして、正常な第 2 のモータ駆動回路 3 2 B を上記と同様に制御することにより、許容電流値に達するまでは正常時と全く同様の操舵補助力を発生することができる。

40

【 0 0 5 1 】

ちなみに、モータ電流遮断回路 3 3 A 及び 3 3 B を省略した場合には、モータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B の何れか一方にショート故障が発生した場合に、ショート故障が発生したインバータ回路が 3 相電動モータ 1 2 の 3 相モータ巻線 L 1 又は L 2 に接続されたままとなる。3 相電動モータ 1 2 が回された場合には、コイル部に発生する起電力が、ショート故障となった電界効果トランジスタの隣りにある電界効果トランジスタの寄生ダイオードを介して、循環電流が流れブレーキ力を発生してしまう。このため、正常なモータ駆動回路 3 2 A 又は 3 2 B で 3 相電動モータ 1 2 を駆動することによる回生電流がショート故障したインバータ回路に供給されて回生制動状態となり、3 相電動モータ 1 2 で発生する操舵補助力が大きく低下してしまい、運転者に違和感を与えることになる。このため、回

50

生制動に打ち勝つように正常なインバータ回路を動作させると損失が増大し、インバータ回路及び3相電動モータに過熱が発生するため、操舵補助を継続時間が制限される。

【0052】

また、第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bの第1及び第2のインバータ回路42A及び42Bで電界効果トランジスタQ1～Q6がオン状態に反転することなくオフ状態を継続するオフ故障すなわちオープン故障を生じた場合にも、異常検出部31aで異常を検出することができ、異常となったモータ駆動回路32A又は32Bのモータ電流遮断回路33A又は33B及び電源遮断回路44A又は44Bを遮断状態に制御して、正常なモータ駆動回路で、上述したと同様に許容電流に達するまでの間正常時と同一の操舵補助制御を行うことができる。

10

【0053】

このように、上記第1の実施形態によると、第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bの何れか一方のインバータ回路42A又は42Bに異常が発生したときに、正常なモータ駆動回路で正常時と同等のモータ制御を継続して操舵補助制御を継続することができるモータ制御装置、電動パワーステアリング装置及びモータ制御装置を有する車両を提供することができる。

【0054】

なお、上記第1の実施形態では、ゲート駆動回路41A及び41Bでパルス幅変調に使用するキャリア信号を同期させた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、ゲート駆動回路41A及び41Bでキャリア信号の位相を発生ノイズが分散するようにずらして非同期とするようにしてもよい。この場合には、パルス幅変調に使用する高周波（例えば20kHz程度）のキャリア信号の位相をゲート駆動回路41A及び41Bでずらして非同期とすることにより、インバータ回路42A及び42Bを構成するスイッチング素子としての電界効果トランジスタQ1～Q6のスイッチングによるノイズの電力を分散させることができ、伝導、放射ノイズのピーク値を抑制することができる効果を得ることができると共に、スイッチングに同期してアルミ電解コンデンサCA及びCBに入出力するスイッチング電流のピーク値を抑えることにより電解コンデンサCA及びCBの内部発熱を抑えて高寿命化することができる効果を得ることができる。

20

【0055】

次に、本発明の第2の実施形態を図7について説明する。

30

この第2の実施形態では、上述した第1の実施形態において、制御演算装置31を第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bに対応させて2組設けるようにしたものである。

すなわち、第2の実施形態では、図7に示すように、第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bに対応させて前述した図2における制御演算装置31と同一構成を有する個別の制御演算装置31A及び31Bを設けている。

【0056】

そして、制御演算装置31Aで第1のモータ駆動回路32Aに供給する電圧指令値V1*及び異常検出信号SAaを形成し、形成した電圧指令値V1*及び異常検出信号SAaをモータ駆動回路32Aのゲート駆動回路41Aに出力する。

40

同様に、制御演算装置31Bで第2のモータ駆動回路32Bに供給する電圧指令値V2*及び異常検出信号SAbを形成し、形成した電圧指令値V2*及び異常検出信号SAbをモータ駆動回路32Bのゲート駆動回路41Bに出力する。

【0057】

ここで、制御演算装置31A及び31Bは相互監視機能を有し、両者の演算結果を比較したり、ウォッチドッグタイマの動作等を互いに監視したりして、制御演算装置31A及び31Bの一方例えば31B（又は31A）が異常となったときに、他方の制御演算装置31A（又は31B）が検出することが可能となる。このため、制御演算装置の異常を検出したときに、正常な制御演算装置で異常となった制御演算装置で制御されるモータ駆動回路を代替制御することも可能となる。

50

【 0 0 5 8 】

この第 2 の実施形態によると、制御演算装置 3 1 A 及び 3 1 B で個別に操舵補助制御処理及び異常制御処理を実行することにより、前述した第 1 の実施形態と同様に、モータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B の何れか一方にショート故障又はオープン故障が生じたときに、正常なモータ駆動回路で操舵補助制御を継続することができる。したがって、上記第 1 実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 5 9 】

しかも、第 2 の実施形態によると、制御演算装置 3 1 A 及び 3 1 B 間で相互監視を行うことができ、制御演算装置 3 1 A 及び 3 1 B の一方に異常が発生した場合でも正常な制御演算装置で第 1 実施形態と同様の異常時制御を行うことができるとともに、一方の制御演算装置 3 1 A (又は 3 1 B) が異常となったことを検出したときに、正常な制御演算装置 3 1 B (又は 3 1 A) でモータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B を制御可能に構成しておくことにより、制御演算装置に異常が発生した場合でも正常な操舵補助制御を継続することができる効果を発揮できる。

【 0 0 6 0 】

なお、上記第 1 及び第 2 の実施形態においては、3 相電動モータ 1 2 に 2 系統の第 1 及び第 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 を巻装し、これら第 1 及び第 2 の 3 相モータ巻線 L 1 及び L 2 に個別の第 1 及び第 2 のモータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B を設ける場合について説明したが、これに限定されるものではなく、3 系統以上のモータ巻線を設けるとともに、モータ巻線毎に個別のモータ駆動回路及びモータ電流遮断回路を設けるようにしてもよい。

【 0 0 6 1 】

次に、本発明の第 3 の実施形態を図 8 及び図 9 について説明する。

この第 3 の実施形態では、前述した第 1 の実施形態において、3 相電動モータ 1 2 の構成を、図 8 に示すように、第 1 系統の 3 相モータ巻線 L 1 の相コイル L 1 u a ~ L 1 w a 及び L 1 u b ~ L 1 w b の巻回方向と第 2 系統の 3 相モータ巻線 L 2 の相コイル L 2 u a ~ L 2 w a 及び L 2 u b ~ L 2 w b の巻回方向とが逆方向となるように設定している。

【 0 0 6 2 】

この場合も、第 1 の多相モータ巻線 L 1 及び第 2 のモータ巻線 L 2 の同相のコイル部がロータ 1 2 R の各磁極の永久磁石 P M で形成される同一の磁束に同時に鎖交することがないように巻装されている。したがって、第 1 の 3 相モータ巻線 L 1 の各コイル部と第 2 の 3 相モータ巻線 L 2 の各コイル部とで互いの磁気的な干渉を最小限に抑制する磁気回路を構成している。

また、第 1 及び第 2 のモータ駆動回路 3 2 A 及び 3 2 B における第 1 及び第 2 のインバータ回路 4 2 A 及び 4 2 B から出力する相電流 $I_{1u} \sim I_{1w}$ 及び $I_{2u} \sim I_{2w}$ の位相を図 9 (a) 及び (b) に示すように 1 8 0 度ずらして逆位相となるように設定している。

【 0 0 6 3 】

この第 3 の実施形態によると、前述した第 1 の実施形態と同様にロータ 1 2 R の磁極を構成する永久磁石 P M からの磁束がそれぞれの磁極群毎 (9 0 ° 毎) にコイルと鎖交するため、それぞれの磁極群で構成されたモータ特性に対して相互の影響を極めて少なくすることができる。例えば、一方のモータ駆動回路 3 2 A (又は 3 2 B) にショート故障が発生して、コイルに過渡的に大きな電流が流れてもこのモータ駆動回路 3 2 を遮断するまでの過渡的なショート電流が発生してももう一方のコイルに与える影響を極めて少なくすることができる。

【 0 0 6 4 】

この第 3 の実施形態では、同相コイル L 1 u a , L 1 u b 及び L 2 u a , L 2 u b 、 L 1 v a , L 1 v b 及び L 2 v a , L 2 v b 、並びに L 1 w a , L 1 w b 及び L 2 w a , L 2 w b とで流れる電流の方向は図 8 に示すように逆方向であり、相電圧 $V_{1u} \sim V_{1w}$ 及び $V_{2u} \sim V_{2w}$ はその 1 相分 $V_{1u a}$ 及び $V_{2u a}$ を表すと図 9 (a) 及び (b) に示

10

20

30

40

50

すようにパルス幅変調された逆位相の矩形波であって、相電流も曲線 L r で示すように逆位相の正弦波となる。

【0065】

このため、両者のリップル電流 I_L も、図9(c)及び(d)に示すように、逆位相となり、駆動回路からモータへのEMI等の外部へのノイズは互いに相殺される。したがって、リップル電流 I_L によるモータ配線に起因するノイズ音や振動の発生を抑制することができる。

さらに、相電流 I_{1u} のオフからオンへの又はその逆へのスイッチングタイミングと相電流 I_{2u} のオンからオフへの又はその逆へのスイッチングタイミングとが等しいので、スイッチングにより発生するノイズも互いに逆位相となって相殺される。

10

【0066】

したがって、上記第3の実施形態では前述した第1の実施形態と同様の効果が得られる他、スイッチングノイズやリップル電流による加振を抑制してより静音性及び制振性の高いモータ制御装置、電動パワーステアリング装置及び車両を提供することができる。

なお、上記第3の実施形態は、第1の実施形態に適用する場合に限らず、前述した第2の実施形態に適用することもできる。

【0067】

次に、本発明の第4の実施形態を図10について説明する。

この第4の実施形態は、電源遮断回路の構成を簡略化するようにしたものである。

すなわち、第4の実施形態では、図10に示すように、前述した第1の実施形態における図2の構成において、電源遮断回路44A及び44Bにおける逆直列の電界効果トランジスタQC1、QC2及びQD1、QD2のうちの一方の電界効果トランジスタQC1及びQD1を残し、他方の電界効果トランジスタQC2及びQD2を共通化すべくノイズフィルタ43と電源遮断回路44A及び44Bとの分岐点との間に共通の電界効果トランジスタQEを有する共通電源遮断回路44Cを配置したものである。

20

【0068】

ここで、電界効果トランジスタQEは、ドレインがノイズフィルタ43に接続され、ソースが電源遮断回路44A及び44Bに接続され、さらにゲートがゲート駆動回路41A及び41BにダイオードDA及びDBを介して接続されている。

この第4の実施形態によると、電源遮断回路が電源遮断回路44A、44B及び44Cの3つで構成されているが、実際に電源を遮断するための電源遮断素子としては電界効果トランジスタQC1、QD1及びQEの3つの半導体スイッチ素子で構成することができ、半導体スイッチ素子を前述した第1の実施形態に比較して1つ省略してこの分部品点数を減少させることができ、モータ制御装置20の製造コストを低減することができるとともに、プリント基板上の電源遮断回路44A～44Cの占有面積を減少させることができ、プリント基板を小型化することができる。

30

【0069】

次に、本発明の第5の実施形態を図11について説明する。

この第5の実施形態では、前述した第2の実施形態に前述した第4の実施形態を適用したものである。

40

すなわち、第5の実施形態では、前述した第4の実施形態において、制御演算装置31を第1及び第2のモータ駆動回路32A及び32Bに対して個別の制御演算装置31A及び31Bを設けるようにしたものである。

【0070】

したがって、この第5の実施形態でも、前述した第2の実施形態と同様の作用効果を得ることができるとともに、前述した第4の実施形態と同様に電源遮断回路を構成する電界効果トランジスタの個数を1つ省略することができ、モータ制御装置20の製造コストを低減することができるとともに、プリント基板上の電源遮断回路44A～44Cの占有面積を減少させて、プリント基板を小型化することができる。

なお、上記第4及び第5の実施形態においても、前述した第3の実施形態を適用するこ

50

とができる。

【0071】

また、上記各実施形態においては、制御演算装置31又は31A及び31Bの操舵補助制御処理で、操舵補助電流指令値に基づいてd軸電流指令値 I_d^* 及びq軸電流指令値 I_q^* を算出し、これらをdq相-3相変換してU相電流指令値 I_u^* 、V相電流指令値 I_v^* 及びW相電流指令値 I_w^* を算出し、これらと電流検出値の相毎の加算値との電流偏差 I_u 、 I_v 及び I_w を算出する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、電流検出値の相毎の加算値をdq軸変換し、これらとd軸電流指令値 I_d^* 及びq軸電流指令値 I_q^* との偏差 I_d 及び I_q を算出し、偏差 I_d 及び I_q をdq相-3相変換するようにしてもよい。

10

【0072】

また、上記各実施形態においては、本発明によるモータ制御装置を電動パワーステアリング装置に適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、電動ブレーキ装置、ステアバイワイヤシステム、車両走行用のモータ駆動装置等の電動モータを使用する任意のシステム及びこのシステムを搭載する車両に本発明を適用することができる。この場合、モータ駆動回路で扱う電圧又は電流が高くなる場合には、スイッチング素子として電界効果トランジスタに代えて絶縁ゲートバイポーラトランジスタ(IGBT)等の他の電圧制御型スイッチング素子を適用することができる。

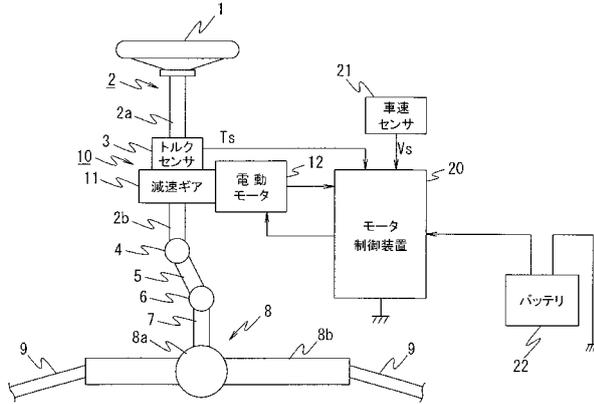
【符号の説明】

【0073】

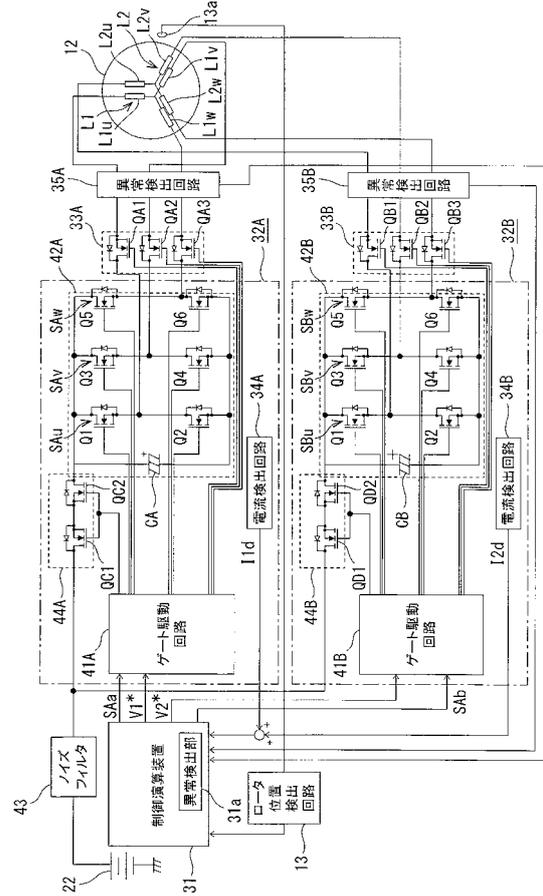
1...ステアリングホイール、2...ステアリングシャフト、3...操舵トルクセンサ、8...ステアリングギヤ、10...操舵補助機構、12...3相電動モータ、20...モータ制御装置、21...車速センサ、22...バッテリー、31, 31A, 31B...制御演算装置、32A...第1のモータ駆動回路、32B...第2のモータ駆動回路、33A...第1のモータ電流遮断回路、33B...第2のモータ電流遮断回路、34A, 34B...電流検出回路、35A...第1の異常検出回路、35B...第2の異常検出回路、41A, 41B...ゲート駆動回路、42A...第1のインバータ回路、42B...第2のインバータ回路、43...ノイズフィルタ、44A...第1の電源遮断回路、44B...第2の電源遮断回路

20

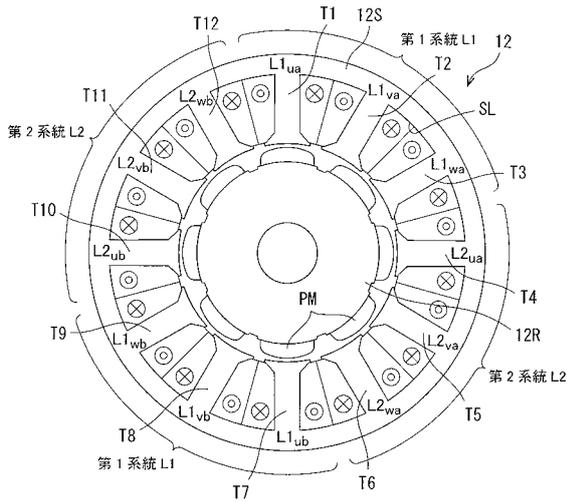
【図1】



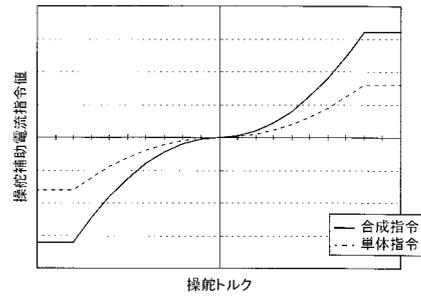
【図2】



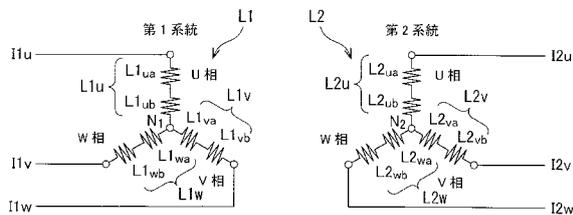
【図3】



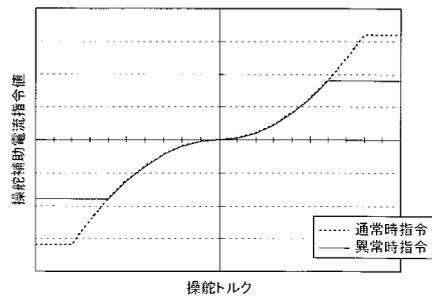
【図5】



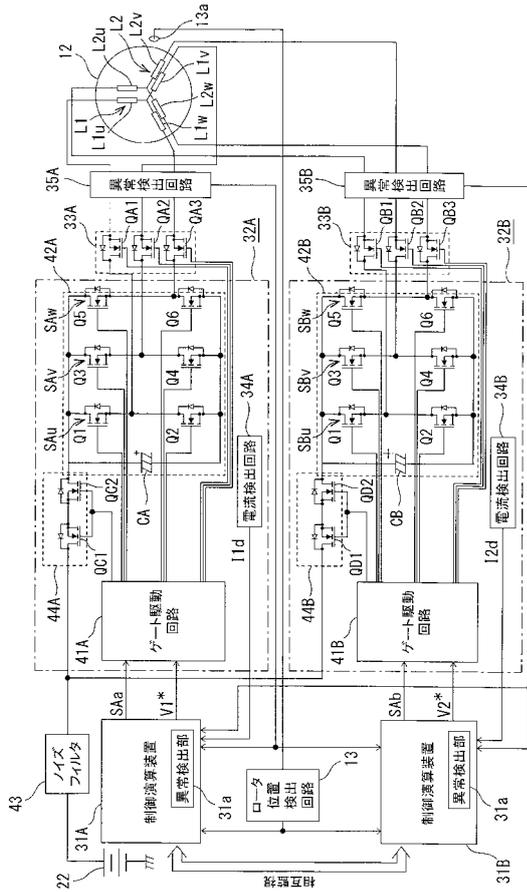
【図4】



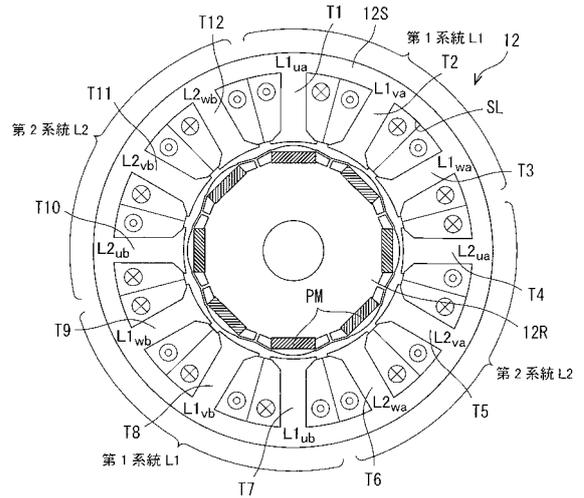
【図6】



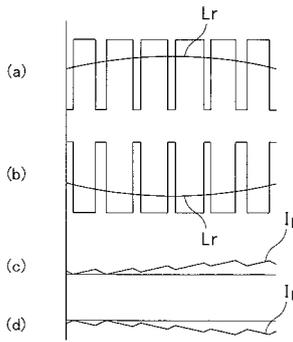
【図7】



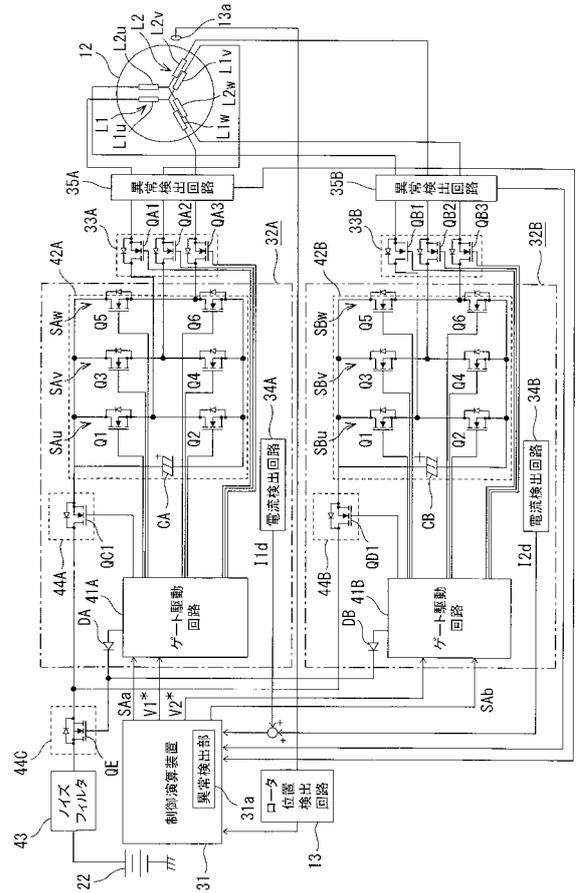
【図8】



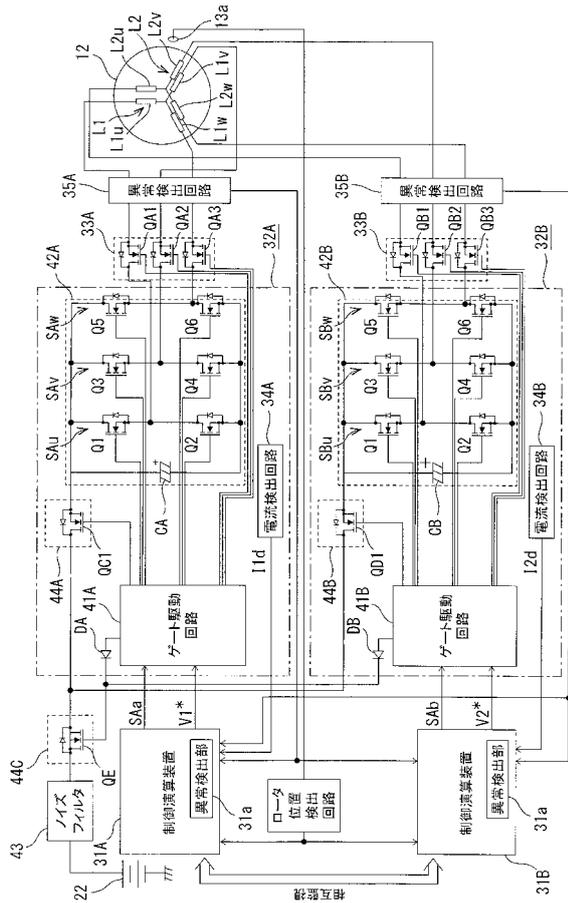
【図9】



【図10】



【図 1 1】



【手続補正書】

【提出日】平成26年4月4日(2014.4.4)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多相電動モータを駆動制御するモータ制御装置であって、

前記多相電動モータは、ステータに少なくとも2系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる第1及び第2の多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装し、

前記多相電動モータを駆動する指令値を出力する指令値演算部と、

該指令値演算部から出力される指令値に基づいて前記第1及び第2の多相モータ巻線に個別に第1及び第2の多相モータ駆動電流を供給する第1及び第2のモータ駆動回路と、

前記第1及び前記第2のモータ駆動回路と前記第1及び第2の多相モータ巻線との間に個別に介挿された多相の第1及び第2のモータ電流遮断部と、

前記第1及び前記第2の多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を個別に検出する第1及び第2の異常検出部と、

該第1及び第2の異常検出部の何れか一方で少なくとも一相のモータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、異常を検出した側のモータ電流遮断部を電流遮断状態に制御する異常時電流制御部とを備え、

前記異常時電流制御部で、前記第1及び第2のモータ電流遮断部の一方を電流遮断状態に制御した際に、当該モータ電流遮断部の属する異常系統による正常な系統への磁氣的影

響を抑制するとともに、

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路に供給されるモータ駆動指令値は等分配されたモータトルク指令値であり、

前記指令値演算部は、前記第 1 及び第 2 の異常検出部で多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、正常なモータ駆動回路に対するモータ駆動指令値として許容電流値に達するまでは正常時のモータ駆動指令値の合計を表すモータトルク指令値を設定することを特徴とするモータ制御装置。

【請求項 2】

前記多相電動モータは、ステータのスロット数が相数 $\times 2n$ (n は 2 以上の整数) に設定され、当該スロット間の磁極に第 1 の多相モータ巻線及び第 2 の多相モータ巻線が交互に巻装されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータ制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 の多相モータ駆動電流を出力する第 1 及び第 2 の多相インバータ回路を有し、前記第 1 及び第 2 の異常検出部は、前記第 1 及び第 2 の多相インバータ回路を構成するスイッチング素子のオープン故障及びショート故障を検出するように構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のモータ制御装置。

【請求項 4】

前記指令値演算部は、前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路に個別に対応する第 1 及び第 2 の指令値演算部で構成され、該第 1 及び第 2 の指令値演算部は演算動作を相互監視し、一方の指令値演算部が他方の指令値演算部の異常を検出したときに、異常となった指令値演算部の動作を停止させるとともに、前記対応するモータ電流遮断部を遮断する遮断指令を前記異常時電流制御部に出力することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 及び第 2 の異常時電流制御部は、異常を検出したときに、前記第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部における異常側の各相遮断部を同時に遮断することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 6】

前記各相遮断部は、寄生ダイオードの向きが同一方向となるように介挿された電界効果トランジスタで構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載のモータ制御装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 の多相インバータ回路と電源供給源との間に個別に第 1 及び第 2 の電源遮断部が介挿されていることを特徴とする請求項 3 に記載のモータ制御装置。

【請求項 8】

前記第 1 及び第 2 の電源遮断部は、寄生ダイオードを有するスイッチング素子で構成され、各スイッチング素子が寄生ダイオードの向きが逆方向となるように逆直列接続されていることを特徴とする請求項 7 に記載のモータ制御装置。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 の電源遮断部は一部の電源遮断素子を共通化した構成を有することを特徴とする請求項 8 に記載のモータ制御装置。

【請求項 10】

前記第 1 の多相モータ巻線及び第 2 の多相モータ巻線の磁極に対する巻回方向が互いに逆方向となるように設定されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 11】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 のインバータ回路に供給するスイッチングキャリア信号を同期させたことを特徴とする請求項 3 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 1 2】

前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路は、前記第 1 及び第 2 のインバータ回路に供給するスイッチングキャリア信号の位相を発生ノイズが分散するようにずらして非同期としたことを特徴とする請求項 3 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置。

【請求項 1 3】

ステアリング機構に操舵補助力を発生させる電動モータを含むモータ制御装置を前記請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のモータ制御装置で構成したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 1 4】

前記請求項 1 乃至 1 2 の何れか 1 項に記載のモータ制御装置を備えたことを特徴とする車両。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 7】

上記目的を解決するために、本発明に係るモータ制御装置の一態様は、多相電動モータを駆動制御するモータ制御装置であって、前記多相電動モータは、ステータに少なくとも 2 系統で、その各々の同相の磁極がロータ磁石に対し同位相となる第 1 及び第 2 の多相モータ巻線を、ロータの各磁極からの同一磁束が互いに鎖交しないように集中巻きで巻装し、前記多相電動モータを駆動する指令値を出力する指令値演算部と、該指令値演算部から出力される指令値に基づいて前記第 1 及び第 2 の多相モータ巻線に個別に第 1 及び第 2 の多相モータ駆動電流を供給する第 1 及び第 2 のモータ駆動回路と、前記第 1 及び前記第 2 のモータ駆動回路と前記第 1 及び第 2 の多相モータ巻線との間に個別に介挿された多相の第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部と、前記第 1 及び前記第 2 の多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を個別に検出する第 1 及び第 2 の異常検出部と、該第 1 及び第 2 の異常検出部の何れか一方で少なくとも一相のモータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、異常を検出した側のモータ電流遮断部を電流遮断状態に制御する異常時電流制御部とを備え、前記異常時電流制御部で、前記第 1 及び第 2 のモータ電流遮断部の一方を電流遮断状態に制御した際に、当該モータ電流遮断部の属する異常系統による正常な系統への磁気的影響を抑制するとともに、前記第 1 及び第 2 のモータ駆動回路に供給されるモータ駆動指令値は等分配されたモータトルク指令値であり、前記指令値演算部は、前記第 1 及び第 2 の異常検出部で多相モータ駆動電流あるいは電圧の異常を検出したときに、正常なモータ駆動回路に対するモータ駆動指令値として許容電流値に達するまでは正常時のモータ駆動指令値の合計を表すモータトルク指令値を設定する。

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 101/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00	
B 6 2 D 119/00	(2006.01)		

(72)発明者 堀越 敦
 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

(72)発明者 遠藤 修司
 東京都品川区大崎一丁目6番3号 日精ビル

(72)発明者 長竹 和夫
 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

Fターム(参考) 3D232 CC34 DA15 DA23 DA63 DA64 DC08 DC11 DD01 DD10 DD17
 EB11 EC23 GG01 GG15
 3D333 CB02 CB07 CB08 CB13 CC06 CC43 CD53 CD55 CD58 CE04
 CE36 CE41
 5H505 AA16 BB06 CC04 DD08 EE41 EE49 GG04 HA09 HB02 LL05
 LL22 LL41 MM13
 5H560 AA08 BB04 BB12 DA02 DB20 DC12 EB01 JJ17 SS02 UA05
 XA02 XA12 XA13