

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年9月3日(03.09.2015)



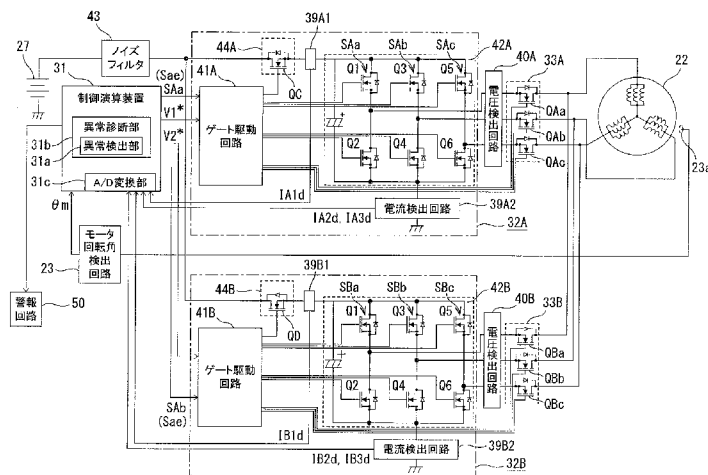
(10) 国際公開番号
WO 2015/129271 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01) B62D 6/00 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01) H02P 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/000972
- (22) 国際出願日: 2015年2月26日(26.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-038424 2014年2月28日(28.02.2014) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社(NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森 堅吏(MORI, Kenji); 〒2518501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 仙波 剛(SENBA, Takeshi); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP). 篠原 茂雄(SHINOHARA, Shigeo); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 内藤 嘉昭, 外(NAITOH, Yoshiaki et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 城山トラストタワー32階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE AND ELECTRIC POWER-STEERING DEVICE AND VEHICLE USING SAID MOTOR CONTROL DEVICE

(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および車両



- 23 Motor-rotation-angle detection circuit
- 31 Control/computation device
- 31a Malfunction detection unit
- 31b Malfunction diagnosis unit
- 31c Analog-to-digital conversion unit
- 39A2, 39B2 Current detection circuit
- 40A, 40B Voltage detection circuit
- 41A, 41B Gate-driving circuit
- 43 Noise filter
- 50 Warning circuit

(57) Abstract: This invention makes it such that even if a malfunction occurs in a motor drive circuit, drive control of a polyphase electric motor can be continued without an electromagnetic brake acting on said electric motor. This invention includes a main motor drive circuit that performs drive control for the aforementioned polyphase electric motor, a backup motor drive circuit that performs drive control for said polyphase electric motor if a malfunction occurs in the main motor drive circuit, and a malfunction diagnosis unit that diagnoses malfunctions in the main motor drive circuit and the backup motor drive circuit. This invention has a normal drive state in which the polyphase electric motor is driven by the main motor drive circuit alone and a backup drive state in which, if the result of a diagnosis performed on the main motor drive circuit by the malfunction diagnosis unit indicates a malfunction in said main motor drive circuit when in the aforementioned normal drive state, motor current from the malfunctioning phase output unit is interrupted and the polyphase electric motor is driven by switching from the interrupted phase output unit to the phase output unit for the same phase in the backup motor drive circuit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/129271 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

モータ駆動回路に異常が発生した場合でも多相電動モータに電磁ブレーキが作用することなく電動モータの駆動制御を継続することが可能とする。多相電動モータを駆動制御するメインモータ駆動回路と、該メインモータ駆動回路に異常が発生したときに前記多相電動モータを駆動制御するバックアップモータ駆動回路と、前記メインモータ駆動回路及び前記バックアップモータ駆動回路の異常診断を行う異常診断部とを備え、前記メインモータ駆動回路のみで前記多相電動モータを駆動する正常駆動状態と、該正常駆動状態で前記メインモータ駆動回路の前記異常診断部による診断結果が異常であるときに、異常となった相出力部のモータ電流を遮断するとともに、遮断した相出力部を同相の前記バックアップモータ駆動回路の相出力部に切り換えて前記多相電動モータを駆動するバックアップ駆動状態と、を備えている。

明 細 書

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および車両

技術分野

[0001] 本発明は、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および車両に関する。

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。

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

[0003] 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

[0004] 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。

[0005] しかしながら、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オン故障（ショート故障）が発生した場合には、モータが発電機となって電磁ブレーキが発生する。異常となったスイッチング手段を除いて正常なスイッチング手段の指令値を補正してモータ駆動してもブレーキトルクによって出力トルクが減少する。すると、運転者の操舵に対するステアリングアシストが低下するため、大きな操舵違和感を与える可能性がある。また、ブレーキトルクを打ち消すために大きな電流をインバータやモータに流す必要があるため、モータ及びインバータの過熱を招きショート故障発生時のアシスト継続時間が短くなるという未解決の課題がある。

[0006] また、上記従来例では、モータから2系統のモータ巻線ターミナルを出力する構成が必要であり、モータ内部結線の複雑化、結線処理に必要な構成部品が増えサイズアップとなり、モータを駆動するモータ駆動装置を構成するECUも同様にモータインタフェース部の複雑化、構成部品の増加、サイズアップとなる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、簡易な構成で、通常のモータを使用してモータ駆動回路にショート故障が生じた場合でも電磁ブレーキが発生することなく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および車両を提供することを目的としている。

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メインモータ駆動回路と、多相電動モータにメインモータ駆動回路と並列に接続されこのメインモータ駆動回路に異常が発生したときに多相電動モータを駆動制御するバックアップモータ駆動回路と、メインモータ駆動回路及びバックアップモータ駆動回路の異常診断を行う異常診断部とを備え、メインモータ駆動回路のみで多相電動モータを駆動する正常駆動状態と、この正常駆動状態でメインモータ駆動回路の異常診断部による診断結果が異常であるときに、異常となった相出力部のモータ電流を遮断するとともに、遮断した相出力部を同相のバックアップモータ駆動回路の相出力部に切り換えて前記多相電動モータを駆動するバックアップ駆動状態とを備えている。

[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、メインモータ駆動回路のみで多相電動モータを駆動している正常駆動状態と、この正常駆動状態でメインモータ駆動回路の異常診断部による診断結果が異常であるときに、異常となった相出力部のモータ電流を遮断するとともに、遮断した相出力部を同相のバックアップモータ駆動回路の相出力部に切り換えて前記多相電動モータを駆動するバックアップ駆動状態とを備えている。このため、異常となった相出力部のモータ電流が遮断されるので、多相電動モータが発電機として作動して電磁ブレーキを発生させることを確実に防止、例えばモータ駆動回路等で構成されるハードウェアにオープン故障やショート故障が発生した場合でも多相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、多重系統の多相モータ駆動電流の一方に異常が発生し

た場合でも多相モータ駆動電流を多相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。

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多重系統のモータ駆動回路の一つに異常が発生した場合でも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]本発明に係るモータ制御装置を有する電動パワーステアリング装置を搭載した車両を示すシステム構成図である。

[図2]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3]図2の3相電動モータの巻線構造を示す模式図である。

[図4]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5]図4の制御演算装置の具体的構成を示すブロック図である。

[図6]操舵トルクと操舵補助電流指令値との関係の一例を示す特性線図である。

[図7]図4の電流検出回路の具体的構成を示すブロック図である。

[図8]正常駆動状態を示すブロック図である。

[図9]診断駆動状態を示すブロック図である。

[図10]異常駆動状態を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施の形態について図面を伴って説明する。

本発明に係る車両1は、図1に示すように、左右の転舵輪となる前輪2FR及び2FLと後輪2RR及び2RLを備えている。前輪2FR及び2FLは、電動パワーステアリング装置3によって転舵される。

電動パワーステアリング装置3は、ステアリングホイール11を有し、このステアリングホイール11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12に伝達される。このステアリングシャフト12は、入力軸12aと出力軸12bとを有する。入力軸12aの一端はステアリングホイール11に連結され、他端は操舵トルクセンサ13を介して出力軸12bの一端に連結されている。

[0013] そして、出力軸12bに伝達された操舵力は、ユニバーサルジョイント14を介してロアシャフト15に伝達され、さらに、ユニバーサルジョイント16を介してピニオンシャフト17に伝達される。このピニオンシャフト17に伝達された操舵力はステアリングギヤ18を介してタイロッド19に伝達され、転舵輪としての前輪2FR及び2FLを転舵させる。ここで、ステアリングギヤ18は、ピニオンシャフト17に連結されたピニオン18aとこのピニオン18aに噛合するラック18bとを有するラックアンドピニオン形式に構成されている。そして、ピニオン18aに伝達された回転運動がラック18bで車幅方向の直進運動に変換される。

[0014] ステアリングシャフト12の出力軸12bには、操舵補助力を出力軸12bに伝達する操舵補助機構20が連結されている。この操舵補助機構20は、出力軸12b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21と、この減速ギヤ21に連結された操舵補助力を発生する例えば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22とを備えている。

操舵トルクセンサ13は、ステアリングホイール11に付与されて入力軸12aに伝達された操舵トルクを検出する。この操舵トルクセンサ13は、例えば、操舵トルクを入力軸12a及び出力軸12b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構成とされている。

[0015] また、3相電動モータ22は、図2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例えば9本のティースTeを有するステータ22Sと、このステータ22Sの内周側にティースTeと対向して回転自在に配置された例えば6極の表面磁石型のロータ22Rとを有す

る表面磁石型（SPM）モータの構成を有する。

そして、ステータ22Sの-slot SLに、3相を構成するA相、B相およびC相の多相モータ巻線L a、L bおよびL cが巻装されている。これら多相モータ巻線L a、L bおよびL cのそれぞれは、図3に示すように、例えば3つのコイル部L 1、L 2およびL 3が並列に接続された構成を有し、これらコイル部L 1～L 3が-slot SLに3層に巻装されている。各相モータ巻線L a、L bおよびL cは、一端が互いに接続されてスター結線とされ、他端がモータ制御装置25に接続されて個別にA相モータ駆動電流I a、B相モータ駆動電流I bおよびC相モータ駆動電流I cが供給されている。

[0016] さらに、3相電動モータ22は、図4に示すように、モータの回転位置を検出するレゾルバなどの回転位置センサ23aを備えている。この回転位置センサ23aからの検出値がモータ回転角検出回路23に供給されてこのモータ回転角検出回路23でモータ回転角 θ_m を検出する。

モータ制御装置25には、操舵トルクセンサ13で検出された操舵トルクT sおよび車速センサ26で検出された車速V sが入力されるとともに、モータ回転角検出回路23から出力されるモータ回転角 θ_m が入力される。

[0017] また、モータ制御装置25には、直流電圧源としてのバッテリー27から直流電力が入力されている。

モータ制御装置25の具体的構成は、図4に示すように構成されている。すなわち、モータ制御装置25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3相の電圧指令値V 1*およびV 2*が個別に入力されるメインモータ駆動回路32Aおよびバックアップモータ駆動回路32Bとを備えている。加えて、これらメインモータ駆動回路32Aおよびバックアップモータ駆動回路32Bの出力側と3相電動モータ22の3相モータ巻線L a～L cとの間に介挿されたメイン用モータ電流遮断部33Aおよびバックアップ用モータ電流遮断部33Bを備えている。

[0018] メインモータ駆動回路32Aおよびバックアップモータ駆動回路32B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 $V 1 *$ および $V 2 *$ が入力されてゲート信号を形成するゲート駆動回路 4 1 A および 4 1 B を備えている。加えて、これらゲート駆動回路 4 1 A および 4 1 B から出力されるゲート信号が入力されるメインインバータ回路 4 2 A およびバックアップインバータ回路 4 2 B を備えている。

[0019] ゲート駆動回路 4 1 A は、制御演算装置 3 1 から電圧指令値 $V 1 *$ が入力されると、これら電圧指令値 $V 1 *$ 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メインインバータ回路 4 2 A に出力する。また、ゲート駆動回路 4 1 A は、電圧指令値 $V 1 *$ が入力されると電源遮断部 4 4 A の電界効果トランジスタ $Q C$ をオン状態とするゲート信号を供給する。さらに、ゲート駆動回路 4 1 A は、電圧指令値 $V 1 *$ が入力されると、メイン用モータ電流遮断部 3 3 A の各電界効果トランジスタ $Q A a \sim Q A c$ をオン状態とするゲート信号を供給する。

[0020] また、ゲート駆動回路 4 1 A は、異常検出部 3 1 a から異常検出信号 $S A a$ が入力されたときに、異常となったスイッチングアーム $S W A j$ を構成する各電界効果トランジスタ $Q k$ 及び $Q k + 1$ へのゲート信号の供給を停止する。これとともに、異常となったスイッチングアーム $S W A j$ に対応するメイン用モータ電流遮断部 3 3 A の電界効果トランジスタ $Q A j$ に対してオフ状態とするゲート信号を供給する。

一方、バックアップモータ駆動回路 3 2 B のゲート駆動回路 4 1 B は、制御演算装置 3 1 から電圧指令値 $V 2 *$ が入力されると、これら電圧指令値 $V 2 *$ 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バックアップインバータ回路 4 2 B に出力する。また、ゲート駆動回路 4 1 B は、電圧指令値 $V 2 *$ が入力されると電源遮断部 4 4 B の電界効果トランジスタ $Q D$ に対して該電界効果トランジスタ $Q D$ をオン状態とするゲート信号を供給する。さらに、ゲート駆動回路 4 1 B は、電圧指令値 $V 2 *$ が入力されると、バックアップ用モータ電流

遮断部 3 3 B の各電界効果トランジスタ $Q B a \sim Q B c$ に対して、各電解効果トランジスタ $Q B a \sim Q B c$ をオン状態とするゲート信号を供給する。

[0021] また、ゲート駆動回路 4 1 B は、異常検出部 3 1 a から異常検出信号 $S A b$ が入力されたときに、異常となったスイッチングアーム $S W A j$ に対応する同相のスイッチングアーム $S W B j$ を構成する各電界効果トランジスタ $Q k$ 及び $Q k + 1$ へのゲート信号の供給を開始する。これとともに、スイッチングアーム $S W B j$ に対応するメイン用モータ電流遮断部 3 3 A の電界効果トランジスタ $Q A j$ に対してオン状態とするゲート信号を供給する。

なお、6つのPWMゲート信号を制御演算装置 3 1 で共通生成してメインインバータ回路 4 2 A およびバックアップインバータ回路 4 2 B に入力する構成としてもよい。

[0022] メインインバータ回路 4 2 A およびバックアップインバータ回路 4 2 B のそれぞれは、ノイズフィルタ 4 3 と、電源遮断部 4 4 A および 4 4 B と、電流検出回路 3 9 A 1 および 3 9 B 1 とを介してバッテリー 2 7 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 $C A$ および $C B$ が接続されている。

これらメインインバータ回路 4 2 A およびバックアップインバータ回路 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) $Q 1 \sim Q 6$ 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 $S W A a$ 、 $S W A b$ 、 $S W A c$ および $S W B a$ 、 $S W B b$ 、 $S W B c$ を並列に接続した構成を有する。

[0023] メインインバータ回路 4 2 A およびバックアップインバータ回路 4 2 B は、各電界効果トランジスタ $Q 1 \sim Q 6$ のゲートにゲート駆動回路 4 1 A および 4 1 B から出力されるゲート信号が入力される。これにより、各スイッチングアーム $S W A a$ 、 $S W A b$ 、 $S W A c$ および $S W B a$ 、 $S W B b$ 、 $S W B c$ の電界効果トランジスタ間の接続点から A 相モータ駆動電流 $I a$ 、B 相モータ駆動電流 $I b$ 、C 相モータ駆動電流 $I c$ がメイン用モータ電流遮断部 3 3 A および 3 3 B を介して 3 相電動モータ 2 2 の 3 相モータ巻線 $L a$ 、 L

bおよびL cに通電される。

[0024] また、メインインバータ回路4 2 Aおよび4 2 Bの各スイッチングアームSWA a、SWA b、SWA cおよびSWB a、SWB b、SWB cは、下アームとなる電界効果トランジスタQ 2、Q 4およびQ 6のソースが互いに接続されて1つのシャント抵抗を有する電流検出回路3 9 A 2および3 9 B 2を介して接地されている。これにより、これら電流検出回路3 9 Aおよび3 9 Bでモータ電流 $I_{1a} \sim I_{1c}$ および $I_{2a} \sim I_{2c}$ が検出される。

[0025] 電流検出回路3 9 A 1、3 9 A 2および3 9 B 1、3 9 B 2のそれぞれは、図7 (a) および (b) に示すように構成されている。すなわち、電流検出回路3 9 A 1および3 9 B 1は、図4および図7 (a) に示すように、各スイッチングアームSWA a～SWA cおよびSWB a～SWB cの電源側と電源遮断部4 4 Aおよび4 4 Bとの間に介挿された電流検出用のシャント抵抗5 1 Aおよび5 1 Bを有する。電流検出回路3 9 A 1および3 9 B 1のそれぞれは、図7 (a) に示すように、シャント抵抗5 1 Aおよび5 1 Bの両端電圧が抵抗R 2およびR 3を介して入力されるオペアンプ3 9 aと、このオペアンプ3 9 aの出力信号が供給される主にノイズフィルタで構成されるサンプルホールド回路3 9 sとで構成されている。

[0026] そして、サンプルホールド回路3 9 sから出力される上側電流検出値 I_{A1d} および I_{B1d} が制御演算装置3 1のA/D変換部3 1 cに供給される。

また、電流検出回路3 9 A 2および3 9 B 2は、図4および図7 (b) に示すように、各スイッチングアームSWA a～SWA cおよびSWB a～SWB cの接地側と接地との間に介挿された電流検出用のシャント抵抗5 2 Aおよび5 2 Bを有する。これら電流検出回路3 9 A 2および3 9 B 2のそれぞれは、図7 (b) に示すように、シャント抵抗5 2 Aおよび5 2 Bの両端電圧が抵抗R 2およびR 3を介して入力されるオペアンプ3 9 aと、このオペアンプ3 9 aの出力信号が供給されるノイズフィルタを含むピークホールド回路3 9 pと、オペアンプ3 9 aの出力信号が供給される主にノイズフィ

ルタで構成されるサンプルホールド回路39sとで構成されている。

[0027] そして、サンプルホールド回路39sから出力される各相の下側電流検出値 I_{A2d} および I_{B2d} とピークホールド回路39pから出力されるピーク値 I_{A3d} および I_{B3d} が制御演算装置31のA/D変換部31cに供給される。制御演算装置31は、供給された、下側電流検出値 I_{A2d} および I_{B2d} と、ピーク値 I_{A3d} および I_{B3d} と、ゲート駆動回路41Aおよび41Bのパルス幅変調信号のデューティ比を設定する電圧指令値 $V1^*$ および $V2^*$ とに基づいて各相の電流検出値 I_{ad} 、 I_{bd} 及び I_{cd} を算出する。

[0028] メイン用モータ電流遮断部33Aは、3つの電流遮断用の電界効果トランジスタQAa、QAbおよびQAcを有する。電界効果トランジスタQAaのソースがモータ電圧検出回路40Aを介してメインインバータ回路42AのスイッチングアームSWAaの電界効果トランジスタQ1およびQ2の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線L1のA相モータ巻線Laに接続されている。

また、電界効果トランジスタQAbのソースがモータ電圧検出回路40Aを介してメインインバータ回路42AのスイッチングアームSWAbの電界効果トランジスタQ3およびQ4の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線Lbに接続されている。

さらに、電界効果トランジスタQAcのソースがモータ電圧検出回路40Aを介してメインインバータ回路42AのスイッチングアームSWAcの電界効果トランジスタQ5およびQ6の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線Lcに接続されている。

[0029] また、バックアップ用モータ電流遮断部33Bは、3つの電流遮断用の電界効果トランジスタQBa、QBbおよびQBcを有する。ここで、電界効果トランジスタQBaのソースがモータ電圧検出回路40Bを介してバックアップインバータ回路42BのスイッチングアームSWBaの電界効果トランジスタQ1およびQ2の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線L

aに接続されている。

また、電界効果トランジスタQ B bのソースがモータ電圧検出回路4 0 Bを介してバックアップインバータ回路4 2 BのスイッチングアームS W B bの電界効果トランジスタQ 3およびQ 4の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線L bに接続されている。

さらに、電界効果トランジスタQ B cのソースがモータ電圧検出回路4 0 Bを介してバックアップインバータ回路4 2 BのスイッチングアームS W B cの電界効果トランジスタQ 5およびQ 6の接続点に接続され、ドレインが3相モータ巻線L cに接続されている。

[0030] そして、メイン用モータ電流遮断部3 3 Aおよびバックアップ用モータ電流遮断部3 3 Bの電界効果トランジスタQ A a~Q A cおよびQ B a~Q B cは寄生ダイオードDのアノードをメインインバータ回路4 2 Aおよびバックアップインバータ回路4 2 B側として各々が同一向きに接続されている。

また、電源遮断部4 4 Aおよび4 4 Bのそれぞれは、1つの電界効果トランジスタ(F E T) Q CおよびQ Dと寄生ダイオードとの並列回路で構成されている。加えて、電界効果トランジスタQ CおよびQ Dのドレインがノイズフィルタ4 3を介してバッテリー2 7に接続され、ソースがメインインバータ回路4 2 Aおよびバックアップインバータ回路4 2 Bに接続されている。

[0031] 制御演算装置3 1には、図5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1 3で検出した操舵トルク T_s および車速センサ2 6で検出した車速 V_s が入力されているとともに、図4に示すように、モータ回転角検出回路2 3から出力されるモータ回転角 θ_m が入力されている。

[0032] この制御演算装置3 1は、図5に示すように、操舵補助電流指令値 I^* を算出する操舵補助電流指令値演算部3 4と、この操舵補助電流指令値演算部3 4で算出した操舵補助電流指令値 I^* に対して入力されるモータ角速度 ω_e およびモータ角加速度 α に基づいて補償を行う補償制御演算部3 5とを有する。加えて、この補償制御演算部3 5で補償された補償後操舵補助電流指令値

I^* に基づいて $d-q$ 軸電流指令値を算出し、これを 3 相電流指令値に変換する $d-q$ 軸電流指令値演算部 37 を有する。

[0033] 操舵補助電流指令値演算部 34 は、操舵トルク T_s および車速 V_s をもとに図 6 に示す操舵補助電流指令値算出マップを参照して電流指令値となる操舵補助電流指令値 I^* を算出する。この操舵補助電流指令値算出マップは、同図に示すように、横軸に操舵トルク T_s をとり、縦軸に操舵補助電流指令値 I^* をとる放物線状の曲線で表される特性線図で構成されている。

そして、メインモータ駆動回路 32A およびバックアップモータ駆動回路 32B の正常時には操舵トルク T_s および車速 V_s をもとに予め設定された図 6 で実線図示の正常時電流指令値算出曲線 L_{no} を参照して操舵補助電流指令値 I^* を算出する。

[0034] 補償制御演算部 35 は、例えばモータ角速度 ω_e に基づいてヨーレートの収斂性を補償する収斂性補償値と、モータ角加速度 α に基づいて 3 相電動モータ 22 の慣性により発生するトルク相当分を補償して慣性感又は制御応答性の悪化を防止するトルク補償値とを算出する。さらに、セルフアライニングトルク (SAT) を推定して補償するセルフアライニングトルク補償値を算出し、これら収斂性補償値、トルク補償値およびセルフアライニングトルク補償値を足し合わせて指令値補償値 I_{com} を算出する。

そして、補償制御演算部 35 は、算出した指令値補償値 I_{com} を操舵補助電流指令値演算部 34 から出力される操舵補助電流指令値 I^* に加算器 36 で加算することにより、補償後操舵補助電流指令値 $I^{*'}$ を算出し、この補償後操舵補助電流指令値 $I^{*'}$ を $d-q$ 軸電流指令値演算部 37 に出力する。

[0035] また、 $d-q$ 軸電流指令値演算部 37 は、 d 軸目標電流算出部 37a、誘起電圧モデル算出部 37b、 q 軸目標電流算出部 37c 及び 2 相 / 3 相変換部 37d を備えている。

d 軸目標電流算出部 37a は、補償後操舵補助電流指令値 $I^{*'}$ とモータ角速度 ω_e とに基づいて d 軸目標電流 I_d^* を算出する。

誘起電圧モデル算出部 37b は、モータ回転角 θ およびモータ角速度 ω_e

に基づいて d-q 軸誘起電圧モデル EMF (Electro Magnetic Force) の d 軸 EMF 成分 $e_d(\theta)$ および q 軸 EMF 成分 $e_q(\theta)$ を算出する。

q 軸目標電流算出部 37c は、誘起電圧モデル算出部 37b から出力される d 軸 EMF 成分 $e_d(\theta)$ および q 軸 EMF 成分 $e_q(\theta)$ と d 軸目標電流算出部 37a から出力される d 軸目標電流 I_d^* と補償後操舵補助電流指令値 I^* とモータ角速度 ω_e とに基づいて q 軸目標電流 I_q^* を算出する。

2相/3相変換部 37d は、d 軸目標電流算出部 37a から出力される d 軸目標電流 I_d^* と q 軸目標電流算出部 37c から出力される q 軸目標電流 I_q^* とを 3相電流指令値 I_a^* 、 I_b^* および I_c^* に変換する。

[0036] また、制御演算装置 31 は、算出した A 相電流指令値 I_a^* 、B 相電流指令値 I_b^* および C 相電流指令値 I_c^* に基づいてメインモータ駆動回路 32A および 32B に対する電圧指令値 V_1^* および V_2^* を算出する電圧指令値演算部 38 を備えている。この電圧指令値演算部 38 は、A 相電流指令値 I_a^* 、B 相電流指令値 I_b^* および C 相電流指令値 I_c^* から、電流検出回路 39A および 39B で検出した下側電流検出値 I_{A2d} および I_{B2d} に基づいて算出される電流検出値 I_{ad} 、 I_{bd} および I_{cd} を減算する。これにより、電流偏差 ΔI_a 、 ΔI_b および ΔI_c を算出する。また、電圧指令値演算部 38 は、算出した電流偏差 ΔI_a 、 ΔI_b および ΔI_c について例えば P I 制御演算又は P I D 制御演算を行う。これにより、メインモータ駆動回路 32A およびバックアップモータ駆動回路 32B に対する 3相の電圧指令値 V_1^* および V_2^* を算出する。そして、算出した 3相の電圧指令値 V_1^* および V_2^* をメインモータ駆動回路 32A およびバックアップモータ駆動回路 32B に出力する。ここで、3相の電圧指令値 V_1^* および V_2^* は、互いに同一の値として出力される。

[0037] また、制御演算装置 31 には、図 4 に示すように、メインモータ駆動回路 32A およびバックアップモータ駆動回路 32B とメイン用モータ電流遮断部 33A およびバックアップ用モータ電流遮断部 33B との間に設けられたモータ電圧検出回路 40A および 40B で検出した各モータ相電圧 V_{1ma}

、 $V1mb$ 、 $V1mc$ および $V2ma$ 、 $V2mb$ 、 $V2mc$ が入力されている。

さらに、制御演算装置31には、図4に示すように、メインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路42Bに供給される直流電流を検出する電流検出回路39A1および39B1から出力される上側電流検出値 $I A1d$ および $I B1d$ が入力されている。なおさらに、制御演算装置31には、メインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路42Bから接地に流れる直流電流をモータ電流として検出する電流検出回路39A2および39B2から出力される下側電流検出値 $I A2d$ および $I B2d$ が入力されている。

[0038] そして、制御演算装置31は、各モータ相電圧 $Vm1a$ 、 $Vm1b$ 、 $Vm1c$ および $Vm2a$ 、 $Vm2b$ 、 $Vm2c$ と、上側電流検出値 $I A1d$ 、 $I B1d$ 、下側電流検出値 $I A2d$ 、 $I B2d$ とがA/D変換部31cに入力されて、メインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路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(FET)Q1~Q6の上アームのオープン故障および下アームのショート故障等を検出する異常検出部31aを有する異常診断部31bを備えている。

[0039] 異常検出部31aでは、以下のようにして異常検出を行う。

メインインバータ回路42Aにおける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SWAi ($i = a, b, c$) からメイン用モータ電流遮断部33Aに出力されるモータ駆動電流 Ii が流れなくなる。このことから、モータ電圧検出回路40Aで検出される相検出電圧 Vi が接地電位近くまで低下し、ショート故障の発生による異常と判断することができる。

[0040] 同様に、メインインバータ回路42Aの上アームを構成する電界効果トランジスタQ1、Q3及びQ5の何れか1つにオープン故障が発生した場合も同様に検出することができる。

さらには、メインインバータ回路42Aの上アームを構成する電界効果トランジスタQ1、Q3及びQ5の何れか1つにショート故障が発生した場合には、該当する電圧検出回路V1miの電圧が高い状態を維持する。このことからこの検出電圧から上アームのショート故障を判別することができる。

メインインバータ回路42A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、異常が発生した相のスイッチングアームSWAj(j=a、b及びc)の電界効果トランジスタQk(k=1、3、5)及びQk+1のゲートへのゲート信号の供給を停止させる異常検出信号SAaをゲート駆動回路41Aに出力する。これとともに、該当するメイン用モータ電流遮断部33Aの電流遮断用の電界効果トランジスタQAkに対してオフ信号を出力する。

[0041] また、異常検出部31aでは、バックアップモータ駆動回路32Bのゲート駆動回路41Bに対して異常検出信号SAbを出力する。このため、ゲート駆動回路41Bでは、バックアップモータ駆動回路32Bの電流遮断したメインモータ駆動回路32AのスイッチングアームSWAjと同相のスイッチングアームSWBjに対して異常となったスイッチングアームSWAjの電界効果トランジスタQk及びQk+1のゲートに供給するゲート信号と同じゲート信号を供給する。さらに、バックアップ用モータ電流遮断部33BのスイッチングアームSWBjに対応する電界効果トランジスタQBjに対して、これをオン状態とするゲート信号を供給する。

[0042] なお、電流検出回路39A2及び39B2で検出される検出信号は、メインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路42Bの電界効果トランジスタ(FET)のゲートにパルス幅変調(PWM)信号が入力される。このことから、メインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路42Bから出力されるA相～C相モータ駆動電流Ia～Icはデューティ比が制御される矩形波信号となる。このため、単純にA相～C相モータ駆動電流Ia～Icの瞬時値を検出したときに矩形波信号がオフとなっているときに検出すると正規のモータ電流値を表さないことになる。

[0043] このため、下側電流検出値 I_{A2d} および I_{B2d} を正確に検出するためには、図 7 (b) に示すように、シャント抵抗 $51A$ および $51B$ の両端電圧を増幅したオペアンプ $39a$ の出力を、ピーク値をパルス幅変調信号の 1 周期程度の時間以上保持するピークホールド回路 $39p$ に供給する。このようにして、ピーク値を保持することにより、下側電流検出値 I_{A2d} および I_{B2d} の各相のピーク (最大) 値 I_{A3d} および I_{B3d} を素早く正確に検出することができる。

[0044] また、異常検出部 $31a$ では、メインインバータ回路 $42A$ が正常である状態で、制御開始後の所定時間毎に、メインモータ駆動回路 $32A$ による 3 相電動モータ 22 の回転駆動状態から、バックアップモータ駆動回路 $32B$ による 3 相電動モータ 22 の回転駆動状態に切り換えて、バックアップモータ駆動回路 $32B$ のバックアップインバータ回路 $42B$ の異常診断を行う。

この場合には、制御演算装置 31 は、メインモータ駆動回路 $32A$ に電圧指令値 $V1^*$ を出力している状態で、バックアップモータ駆動回路 $32B$ に対して電圧指令値 $V1^*$ と同じ値の電圧指令値 $V2^*$ をバックアップモータ駆動回路 $32B$ のゲート駆動回路 $41B$ に出力する。このゲート駆動回路 $41B$ では、電圧指令値 $V2^*$ に基づいてバックアップインバータ回路 $42B$ の各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ に対するゲート信号を形成し、形成したゲート信号を各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ のゲートに供給するとともに、電源遮断部 $44B$ の電界効果トランジスタ QD に対してオン状態となるゲート信号を供給する。この状態で、メインモータ駆動回路 $32A$ のゲート駆動回路 $41A$ でメイン用モータ電流遮断部 $33A$ の各電界効果トランジスタ $QAa \sim QAc$ に対してオフ状態とするゲート信号を供給するタイミングと同一タイミングでバックアップモータ駆動回路 $32B$ のゲート駆動回路 $41B$ からバックアップ用モータ電流遮断部 $33B$ の各電界効果トランジスタ $QBa \sim QBc$ に対してオン状態とするゲート信号を供給する。

[0045] これによって、3 相電動モータ 22 の駆動をメインモータ駆動回路 $32A$ からバックアップモータ駆動回路 $32B$ に瞬時に切り換え、この状態で、異

常検出部 3 1 a によってバックアップインバータ回路 4 2 B の各スイッチングアーム SW B a ~ SW B c のショート異常及びオープン異常を、メインインバータ回路 4 2 A の異常検出と同様の手法で検出する。異常検出部 3 1 a でバックアップインバータ回路 4 2 B のショート故障又はオープン異常を検出した場合には、警報回路 5 0 にバックアップインバータ回路 4 2 B の修理を促す警報情報を出力する。

[0046] 異常検出部 3 1 a では、バックアップインバータ回路 4 2 B の異常検出が終了すると、メインモータ駆動回路 3 2 A とバックアップモータ駆動回路 3 2 B の各ゲート駆動回路 4 1 A 及び 4 1 B とに対して異常検出終了信号 S a e を出力する。このようにすることで、ゲート駆動回路 4 1 B でバックアップ用モータ電流遮断部 3 3 B の各電界効果トランジスタ Q B a ~ Q B c に対してオフ状態とするゲート信号を供給すると同時に、ゲート駆動回路 4 1 A でメイン用モータ電流遮断部 3 3 A の各電界効果トランジスタ Q A a ~ Q A c に対してオン状態とするゲート信号を供給する。これにより、3相電動モータ 2 2 の駆動をバックアップモータ駆動回路 3 2 B からメインモータ駆動回路 3 2 A に戻す。

[0047] なお、バックアップモータ駆動回路 3 2 B のゲート駆動回路 4 1 B では、異常検出終了信号 S a e が入力されたときに、バックアップ用モータ電流遮断部 3 3 B の各電界効果トランジスタ Q B a ~ Q B c をオフ状態とするとともに、バックアップインバータ回路 4 2 B の各電界効果トランジスタ Q 1 ~ Q 6 へのゲート信号の供給を停止するとともに、電源遮断部 4 4 B へオフ状態とするゲート信号を供給して、バックアップモータ駆動回路 3 2 B の駆動を停止する。

[0048] 次に、上記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 5 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および異常監視処理は

停止されている。したがって、3相電動モータ22は作動を停止しており、操舵補助機構10への操舵補助力の出力を停止している。

[0049] 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31が作動状態となり、操舵補助制御処理および異常監視処理を開始する。このとき、メインモータ駆動回路32Aおよびバックアップモータ駆動回路32Bのメインインバータ回路42Aおよびバックアップインバータ回路42Bにおける各電界効果トランジスタQ1~Q6にオープン故障およ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11を操舵していない非操舵状態では、制御演算装置31で実行する操舵補助制御処理で操舵トルク T_s が“0”であり、車速 V_s も“0”であるので、図6の電流指令値算出マップにおける実線図示の正常時電流指令値算出曲線 L_{no} を参照して操舵補助電流指令値 I^* を算出する。

[0050] そして、算出された操舵補助電流指令値 I^* とモータ回転角検出回路23から入力されるモータ電気角 θ_e とに基づいてd軸電流指令値 I_d^* および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^* およびq軸電流指令値 I_q^* をdq二相-三相変換処理を行ってA相電流指令値 I_a^* 、B相電流指令値 I_b^* およびC相電流指令値 I_c^* を算出する。

[0051] さらに、各相電流指令値 I_a^* 、 I_b^* および I_c^* と、電流検出回路39A2で検出した各相電流検出値 I_{Aad} 、 I_{Abd} および I_{Acd} から算出される各相電流検出値 I_{ad} 、 I_{bd} および I_{bc} との電流偏差 ΔI_a 、 ΔI_b および ΔI_c を算出し、算出した電流偏差 ΔI_a 、 ΔI_b および ΔI_c をPI制御処理又はPID制御処理を行って目標電圧指令値 V_a^* 、 V_b^* および V_c^* を算出する。

そして、算出した目標電圧指令値 V_a^* 、 V_b^* および V_c^* を電圧指令値 V_{1^*} としてメインモータ駆動回路32Aのゲート駆動回路41Aに出力する。また、制御演算装置31は、メインインバータ回路42Aが正常であるので、論理値“0”の異常検出信号 S_{Aa} および S_{Ab} をゲート駆動回路41A

および4 1 Bに出力する。

[0052] このため、ゲート駆動回路4 1 Aでは、メイン用モータ電流遮断部3 3 Aに対してハイレベルの3つのゲート信号を出力する。したがって、メイン用モータ電流遮断部3 3 Aの電界効果トランジスタQ A a~Q A cがオン状態となって、メインインバータ回路4 2 Aと3相電動モータ2 2の3相モータ巻線L 1およびL 2との間が導通状態となり、3相電動モータ2 2に対する通電制御が可能な状態となる。

[0053] これと同時に、ゲート駆動回路4 1 Aから電源遮断部4 4 Aに対してハイレベルのゲート信号を出力する。このため、電源遮断部4 4 Aの電界効果トランジスタQ Cがオン状態となってバッテリー2 7からの直流電力がノイズフィルタ4 3を介してメインインバータ回路4 2 Aに供給される。

さらに、ゲート駆動回路4 1 Aでは、制御演算装置3 1から入力される電圧指令値V 1*に基づいてパルス幅変調処理を行ってゲート信号を形成し、形成したゲート信号をメインインバータ回路4 2 A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。

[0054] したがって、車両が停止状態で、ステアリングホイール1 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I*も“0”となってメインインバータ回路4 2 Aから出力されるA相~C相モータ駆動電流I a~I cが全て“0”となって3相電動モータ2 2は停止状態を維持する。

しかしながら、車両の停止状態または車両の走行開始状態でステアリングホイール1 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6を参照して、大きな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*がメインモータ駆動回路3 2 Aのゲート駆動回路4 1 Aに供給される。このため、ゲート駆動回路4 1 Aから大きな電圧指令値V 1*に応じたデューティ比のゲート信号がメインインバータ回路4 2 Aに出力される。

[0055] したがって、メインインバータ回路4 2 Aから、図8に示すように、操舵

補助電流指令値 I^* に応じたパルス幅変調信号でなる 120 度の位相差を有する A 相モータ駆動電流 I_{Aa} 、B 相モータ駆動電流 I_{Ab} 、C 相モータ駆動電流 I_{Ac} が出力される。そして、これらがメイン用モータ電流遮断部 $33A$ の各相に対応する電界効果トランジスタ $QAa \sim QAc$ を通って 3 相電動モータ 22 の 3 相モータ巻線 $La \sim Lc$ に供給される。なお、メインインバータ回路 $42A$ から出力されるモータ駆動電流とバックアップインバータ回路 $42B$ から出力されるモータ駆動電流とを区別するために電流の符号に A を加えている。また、バックアップインバータ回路 $42B$ から出力されるモータ駆動電流については符号に B を加える。

[0056] これにより、3 相電動モータ 22 が回転駆動されて、操舵トルク T_s に応じた目標の操舵補助電流指令値 I^* 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 21 を介して出力軸 $12b$ に伝達される。このため、ステアリングホイール 11 を軽い操舵力で操舵することができる。

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 I^* が据え切り時に比較して低下して 3 相電動モータ 22 で操舵トルク T_s および車速 V_s に応じて適度に減少させた操舵補助力を発生する。

[0057] このように、メインインバータ回路 $42A$ が正常である状態で、メインインバータ回路 $42A$ については常時異常検出部 $31a$ による異常検出処理が行われる。ところが、バックアップインバータ回路 $42B$ についてはゲート信号が供給されていないとともに、バックアップ用モータ電流遮断部 $33B$ の各電界効果トランジスタ $QBa \sim QBc$ 及び電源遮断部 $44B$ の電界効果トランジスタ QD がオフ状態に制御されて、駆動停止状態にあるので、異常診断を行うことができない。このため、メインインバータ回路 $42A$ に異常が発生してバックアップインバータ回路 $42B$ に切り換えたときに、操舵補助制御を継続できる保証がない。

[0058] そこで、本実施形態では、異常診断部 $31b$ が、操舵補助制御開始後に、所定時間間隔でバックアップインバータ回路 $42B$ の異常検出処理を実行する。

この異常検出処理では、メインモータ駆動回路32Aのゲート駆動回路41Aに出力されている電圧指令値 $V1^*$ と同一値の電圧指令値 $V2^*$ をバックアップモータ駆動回路32Bのゲート駆動回路41Bに出力することにより開始する。

バックアップモータ駆動回路32Bのゲート駆動回路41Bでは電圧指令値 $V2^*$ が入力されることにより、前述したメインモータ駆動回路32Aのゲート駆動回路41Aと同様に、電圧指令値 $V2^*$ に基づいてバックアップインバータ回路42Bの各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ に対するゲート信号を形成する。そして、形成したゲート信号を各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ に出力するとともに、電源遮断部44Bの電界効果トランジスタ QD に対してオン状態とするゲート信号を供給する。

[0059] バックアップ用モータ電流遮断部33Bの各電界効果トランジスタ $QBa \sim QBc$ に対してオン状態とするゲート信号を供給するとともに、メインモータ駆動回路32Aのゲート駆動回路41Aに対して遮断信号 Sch を出力する。

このため、バックアップ用モータ電流遮断部33Bの各電界効果トランジスタ $QBa \sim QBc$ がオン状態に制御されると略同時にメイン用モータ電流遮断部33Aの各電界効果トランジスタ $QAa \sim QAc$ がオフ状態に制御される。

[0060] したがって、バックアップモータ駆動回路32Bのバックアップインバータ回路42Bの各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ がパルス幅変調信号となるゲート信号によって駆動される。これにより、図9に示すように、バックアップインバータ回路42Bから出力される各相モータ駆動電流 $Iba \sim Ibc$ によって3相電動モータ22の回転駆動が継続される異常診断状態となる。

この異常診断状態となると、バックアップインバータ回路42Bの各電界効果トランジスタ $Q1 \sim Q6$ がオン・オフ駆動される。これにより、前述したメインモータ駆動回路32Aのメインインバータ回路42Aと同様に、異

常検出部31aで各スイッチングアームSWBa～SWBcのショート異常及びオープン異常を検出することができる。

[0061] スwitchングアームSWBa～SWBcが正常であるときには、異常検出終了信号Saeが各ゲート駆動回路41A及び41Bに入力される。これにより、バックアップ用モータ電流遮断部33Bの各電界効果トランジスタQBa～QBcがオフ状態に制御されると略同時にメイン用モータ電流遮断部33Aの各電界効果トランジスタQAa～QAcがオン状態に復帰する。

このため、3相電動モータ22がバックアップモータ駆動回路32Bによる駆動状態からメインモータ駆動回路32Aによる正常駆動状態に復帰する。

[0062] なお、異常診断状態で、バックアップモータ駆動回路32Bのバックアップインバータ回路42Bの各スイッチングアームSWBa～SWBcの何れかにショート異常やオープン異常を検出したとする。この場合には、異常検出部31aからバックアップ系統に異常がある旨の異常情報を警報回路50に出力するとともに、異常種別と異常発生個所とを例えば制御演算装置31に接続された不揮発性メモリに記憶する。

このため、車両をサービスステーション等に持って行くことにより、不揮発性メモリに記憶された異常情報から異常種別と異常発生個所とを直ちに認識することができる。

[0063] この正常状態から、メインモータ駆動回路32Aのメインインバータ回路42Aの例えば下アーム側の電界効果トランジスタQ2、Q4および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SWBj (j = a, b, c) からメイン用モータ電流遮断部33Aに出力されるモータ駆動電流Ijが流れなくなる。このことから、モータ電圧検出回路40A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。

[0064] このように、メインモータ駆動回路32Aのメインインバータ回路42Aにショート故障が発生すると、異常が発生したスイッチングアームSWAj

を表す異常検出信号 $S A a$ がメインモータ駆動回路 3 2 A のゲート駆動回路 4 1 A に供給される。

このゲート駆動回路 4 1 A では、図 1 0 に示すように、例えばスイッチングアーム $S W A a$ に異常が発生したものとすると、スイッチングアーム $S W A a$ の各電界効果トランジスタ $Q 1$ 、 $Q 2$ に対するゲート信号の供給を停止する。これとともに、メイン用モータ電流遮断部 3 3 A の該当する電界効果トランジスタ $Q A a$ に対して該電界効果トランジスタ $Q A a$ をオフするゲート信号を供給する。

[0065] このため、メインインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム $S W A a$ から出力される A 相モータ駆動電流 $I A a$ が遮断される。これと同時に制御演算装置 3 1 からバックアップモータ駆動回路 3 2 B のゲート駆動回路 4 1 B に対して、異常となったメインインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム $S W A a$ に対応する同相のスイッチングアーム $S W B a$ を駆動する旨を表す異常検出信号 $S A b$ と電圧指令値 $V 2 *$ を出力する。

これによって、図 1 0 に示すように、バックアップインバータ回路 4 2 B の A 相に対応するスイッチングアーム $S W B a$ の電界効果トランジスタ $Q 1$ 及び $Q 2$ に今までメインモータ駆動回路 3 2 A のメインインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム $S W A a$ の電界効果トランジスタ $Q 1$ 及び $Q 2$ と同じゲート信号が供給される。これと同時に、電源遮断部 4 4 B の電界効果トランジスタ $Q D$ がオン状態に制御され、さらにバックアップ用モータ電流遮断部 3 3 B の電界効果トランジスタ $Q B a$ がオン状態に制御される。これによって、スイッチングアーム $S W B a$ によって形成される A 相モータ駆動電流 $I B a$ が 3 相電動モータ 2 2 の A 相モータ巻線 $L a$ に供給される。

[0066] したがって、3 相電動モータ 2 2 には、A 相駆動信号がバックアップモータ駆動回路 3 2 B のバックアップインバータ回路 4 2 B のスイッチングアーム $S W B a$ から供給される。B 相駆動信号及び C 相駆動信号については正常時と同様にメインモータ駆動回路 3 2 A のメインインバータ回路 4 2 A のスイッチングアーム $S W A b$ 及び $S W A c$ から供給される。

このため、3相電動モータ22をメインインバータ回路42Aが正常である場合と全く同様に駆動制御することができる。

なお、メインインバータ回路42Aの他のスイッチングアームSWAb及びSWAcの何れか一方、又はスイッチングアームSWAa~SWAcの何れか2つ又は3つに異常が発生したとする。この場合にも、バックアップモータ駆動回路32Bによって異常を生じたスイッチングアームに相当するスイッチングアームを駆動して各相駆動信号を3相電動モータ22に供給することができる。

[0067] ここで、メインインバータ回路42Aの何れか1つでも異常が起これば、電界効果トランジスタQC, QAa~QAcを含めて全てオフし、バックアップインバータ回路42Bで駆動する形態としてもよい。

なお、メインインバータ回路42Aに異常が発生した場合も、警報回路50で警報を発してサービスステーションへの立ち寄りを促すとともに、その異常種別と異常発生個所とを制御演算装置31に接続した不揮発性メモリに記憶しておく。これにより、サービスステーションでの修理作業を容易に行うことができる。

[0068] このように、メインインバータ回路42AのスイッチングアームSWAa~SWAcの少なくとも1つに異常が発生したときに、異常が発生したスイッチングアームSWAjと3相電動モータ22のJ相コイルとの間がメイン用モータ電流遮断部33Aの電界効果トランジスタQAJで遮断される。これにより、3相電動モータ22が発電機として作動して電磁ブレーキを発生することを確実に阻止することができる。この結果、メインインバータ回路42Aにショート異常やオープン異常が発生した場合に、ブレーキトルクが作用することはなく、3相電動モータ22の駆動を良好に継続することができる。

[0069] また、上記実施形態では、メインインバータ回路42AのスイッチングアームSWAa~SWAcの異常のみならず、バックアップインバータ回路42BのスイッチングアームSWBa~SWBcの異常も診断するようにして

いる。これにより、バックアップインバータ回路42Bでの代替ができない状態が生じることを確実に防止することができる。

しかも、正常なメインモータ駆動回路32Aと同様のモータ駆動信号をバックアップモータ駆動回路32Bから供給することができ、正常時と遜色ない操舵補助制御を継続することができる。このとき、運転者には警報を発して修理点検ステーションへの立ち寄りを促すことができる。

[0070] なお、上記実施形態においては、バックアップインバータ回路42Bの異常検出を行う場合に、3相電動モータ22の各相駆動信号をメインモータ駆動回路32Aからバックアップモータ駆動回路32Bに切り換えた状態で行う場合について説明した。

しかしながら、本発明は、上記構成に限定されるものではなく、バックアップモータ駆動回路32Bのバックアップインバータ回路42Bの異常検出処理を行う場合に、3相分同時に切り換える場合に代えて、前述した図10に示すように、メインインバータ回路42A及びバックアップインバータ回路42Bの同相分を、例えばA相スイッチングアームSWAa及びSWBaから順に一相ずつ切り換えて各スイッチングアームSWBa～SWBcの異常検出処理を行うようにしてもよい。

この場合には、3相電動モータ22に対するメインインバータ回路42Aのスイッチングアーム及びバックアップインバータ回路42Bのスイッチングアームが1つずつであるので、電流切り換え時の遅れや位相ずれの生じる影響を少なくすることができる。

[0071] また、上記実施形態においては、電流検出回路39Aおよび39Bをインバータ回路毎に2つのシャント抵抗51A, 52Aおよび51B, 52Bを使用してモータ電流の検出を行う場合について説明したが、これに限定されるものではない。すなわち、本発明では、メインモータ駆動回路32Aおよび32Bの各相スイッチングアームSWAa～SWAc及びSWBa～SWBcの接地側に個別にシャント抵抗を介挿して、各相のモータ電流を検出したり、3つのシャント抵抗のうち一つを省略して省略した相のモータ電流を

演算で算出したりするようにしてもよい。

[0072] また、上記実施形態においては、制御演算装置 31 が A/D 変換部 31c を内蔵してい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、電流検出回路 39A1, 39A2 および 39B1, 39B2 の出力側に A/D 変換部を設けるようにしてもよい。

また、上記実施形態においては、電動モータが 3 相電動モータであ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、4 相以上の多相電動モータにも本発明を適用することができる。

また、上記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に本発明を適用することができる。

[0073] 以上、本願が優先権を主張する日本国特許出願 P 2014-38424 (2014 年 2 月 28 日出願) の全内容は、ここに引用例として包含される。

ここでは、限られた数の実施形態を参照しながら説明したが、権利範囲はそれらに限定されるものではなく、上記の開示に基づく各実施形態の改変は当業者にとって自明のことである。

符号の説明

[0074] 1…車両、3…電動パワーステアリング装置、11…ステアリングホイール、12…ステアリングシャフト、13…操舵トルクセンサ、13a…トーションバー、13b…入力側回転角センサ、13c…出力側回転角センサ、18…ステアリングギヤ、20…操舵補助機構、22…3 相電動モータ、La…A 相モータ巻線、Lb…B 相モータ巻線、Lc…C 相モータ巻線、L1~L3…コイル部、25…モータ制御装置、26…車速センサ、27…バッテリー、31…制御演算装置、32A…メインモータ駆動回路、32B…バックアップモータ駆動回路、33A, 33B…モータ電流遮断部、34…操舵補助電流指令値演算部、35…補償制御演算部、36…加算器、37…d

— q 軸電流指令値演算部、38…電圧指令値演算部、39A1, 39A2, 39B1, 39B2…電流検出回路、40A, 40B…電圧検出回路、41A, 41B…ゲート駆動回路、42A…メインインバータ回路、42B…バックアップインバータ回路、44A, 44B…電源遮断部、50…警報回路

請求の範囲

- [請求項1] 多相電動モータを駆動制御するメインモータ駆動回路と、
該メインモータ駆動回路に異常が発生したときに前記多相電動モータを駆動制御する前記多相電動モータに前記メインモータ駆動回路と並列に接続されたバックアップモータ駆動回路と、
前記メインモータ駆動回路及び前記バックアップモータ駆動回路の異常診断を行う異常診断部とを備え、
前記メインモータ駆動回路のみで前記多相電動モータを駆動する正常駆動状態と、該正常駆動状態で前記メインモータ駆動回路の前記異常診断部による診断結果が異常であるときに、異常となった相出力部のモータ電流を遮断するとともに、遮断した相出力部を同相の前記バックアップモータ駆動回路の相出力部に切り換えて前記多相電動モータを駆動するバックアップ駆動状態とを備えているモータ制御装置。
- [請求項2] 前記メインモータ駆動回路の多相出力側と前記多相電動モータとの間にメイン用モータ電流遮断部が設けられ、前記バックアップモータ駆動回路の多相出力側と前記多相電動モータとの間にバックアップ用電流遮断部が設けられている請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記異常診断部は、前記メインモータ駆動回路の異常診断を、当該メインモータ駆動回路で前記多相電動モータを駆動している正常駆動状態であるときに行い、前記バックアップモータ駆動回路の異常診断を、前記メインモータ駆動回路で前記多相電動モータを駆動しているときに、当該メインモータ駆動回路及び前記バックアップモータ駆動回路の互いに同相の出力部の少なくとも一部を切り換えることにより行う請求項1又は2に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記異常診断部は、前記バックアップモータ駆動回路の異常診断を、前記メインモータ駆動回路で前記多相電動モータを駆動しているときに、当該メインモータ駆動回路及び前記バックアップモータ駆動回路の互いの同相出力を全て切り換えることにより行う請求項3に記載

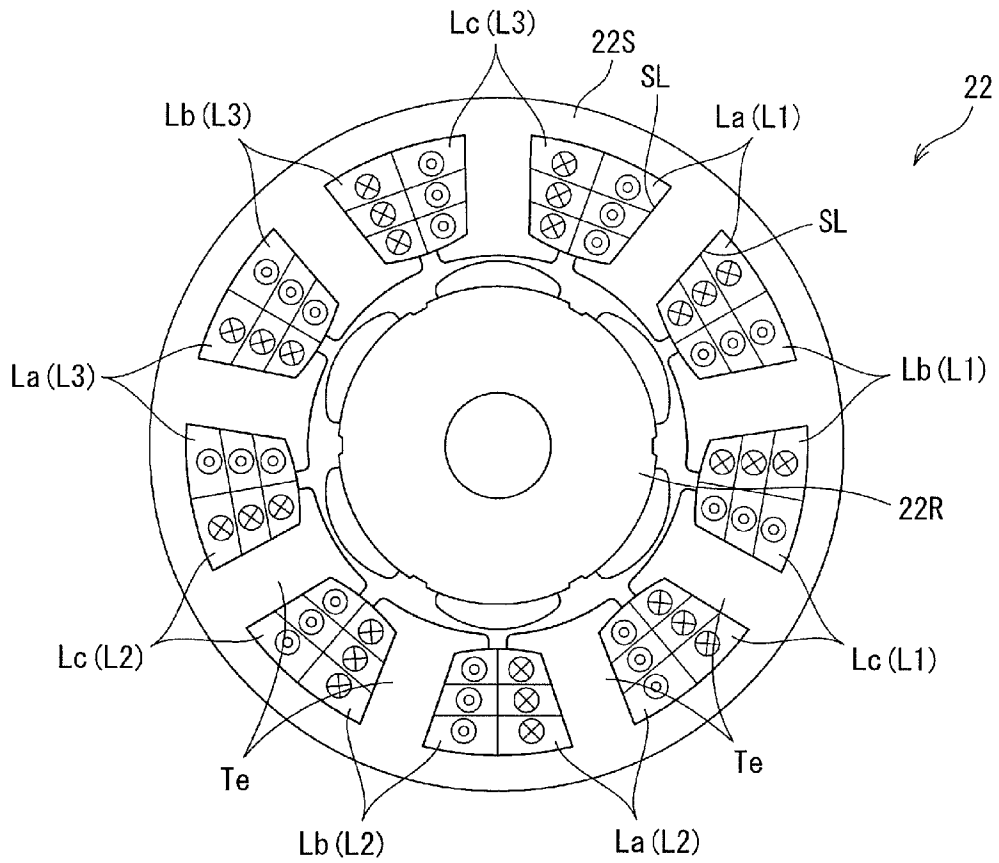
のモータ制御装置。

[請求項5] 前記異常診断部は、前記バックアップモータ駆動回路の異常診断を、前記メインモータ駆動回路で前記多相電動モータを駆動しているときに、当該メインモータ駆動回路及び前記バックアップモータ駆動回路の互いの同相出力を1相ずつ切り換えながら行う請求項3に記載のモータ制御装置。

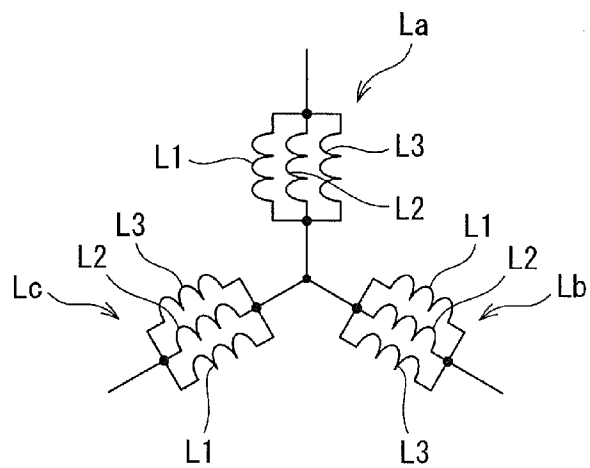
[請求項6] ステアリング機構に操舵補助力を発生させる電動モータを含むモータ制御装置を前記請求項1から5の何れか1項に記載のモータ制御装置で構成した電動パワーステアリング装置。

[請求項7] 前記請求項1から5の何れか1項に記載のモータ制御装置を備えた車両。

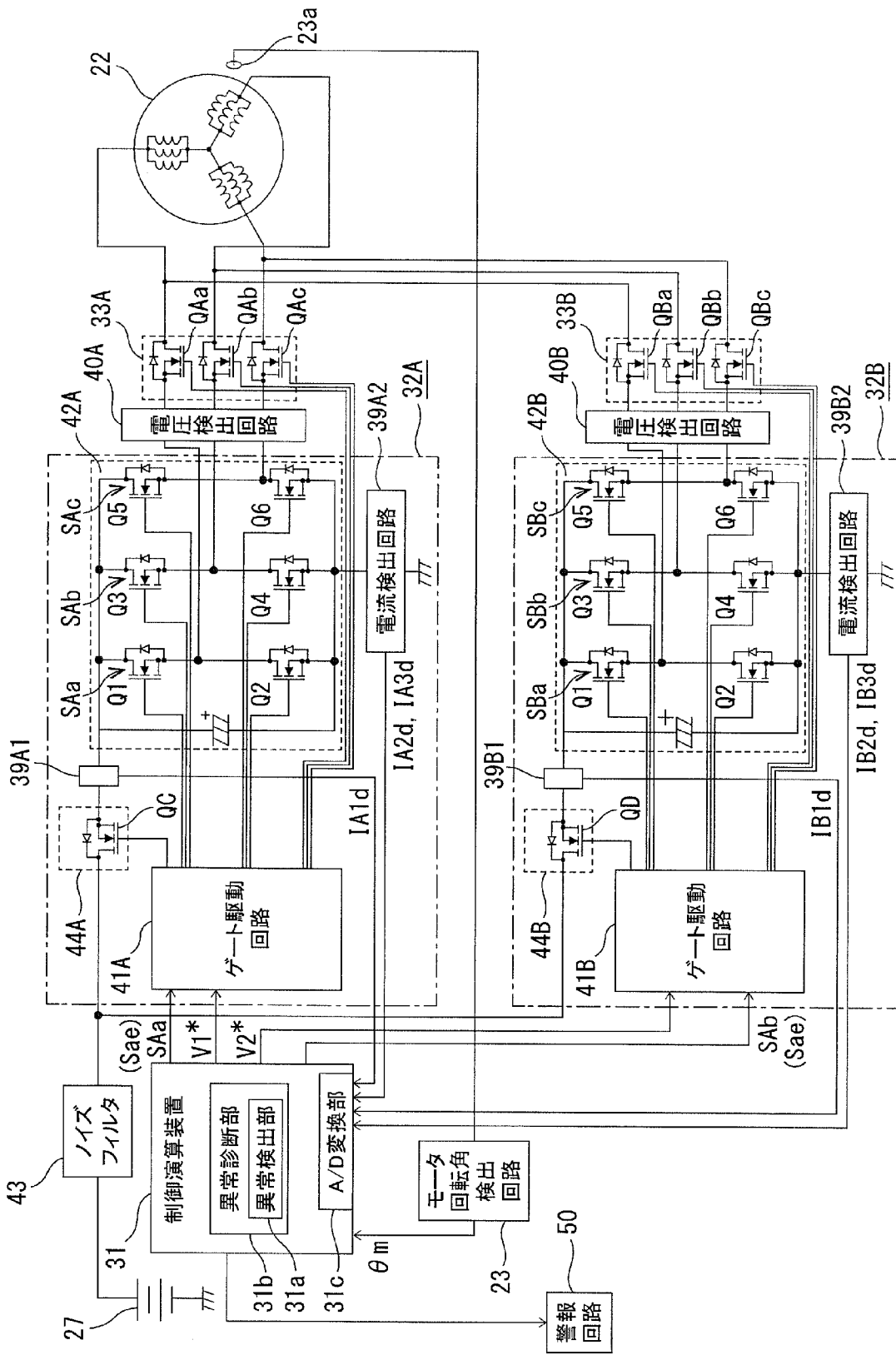
[図2]



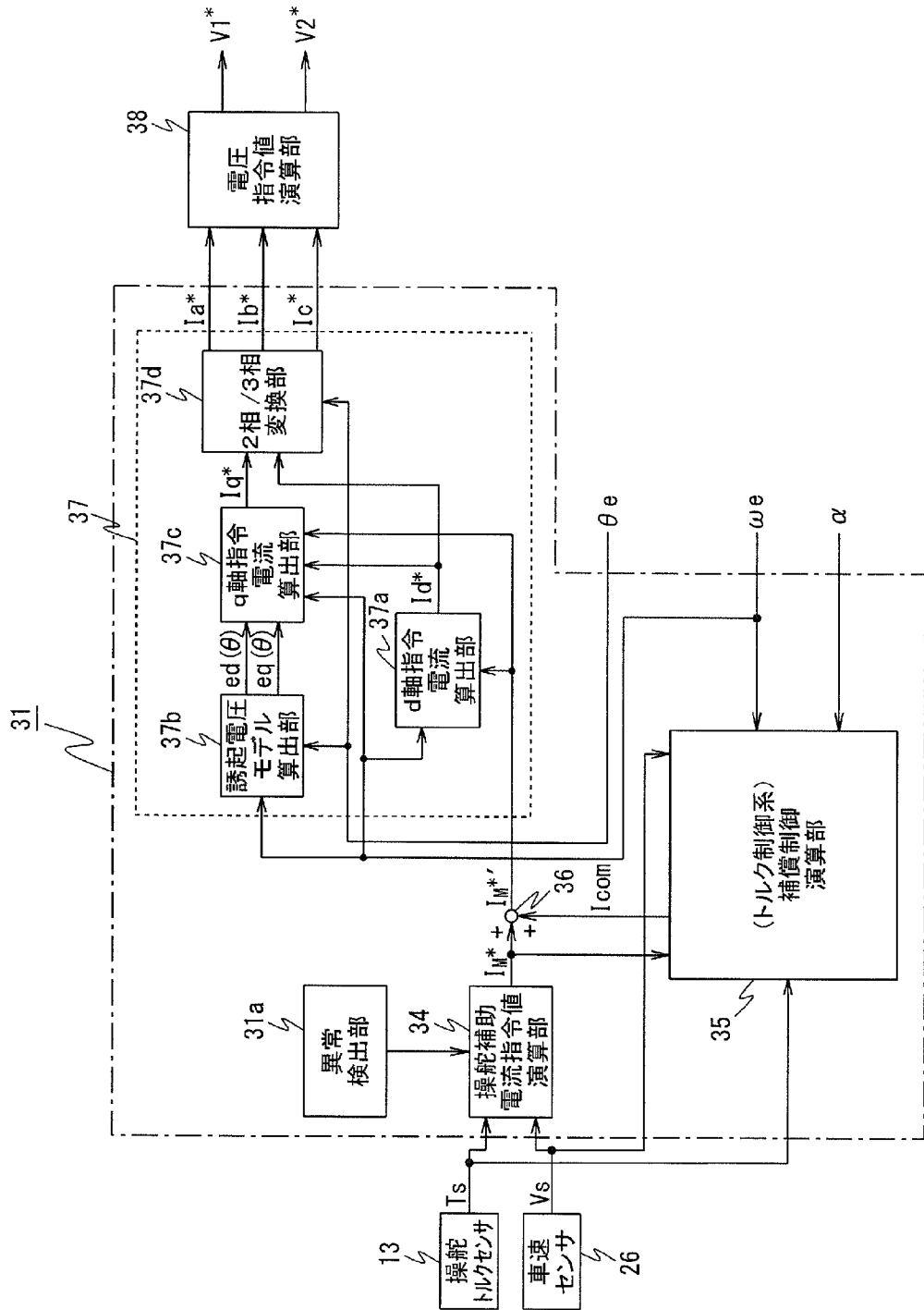
[図3]



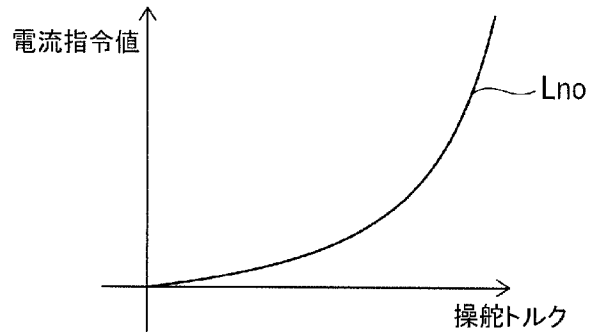
[図4]



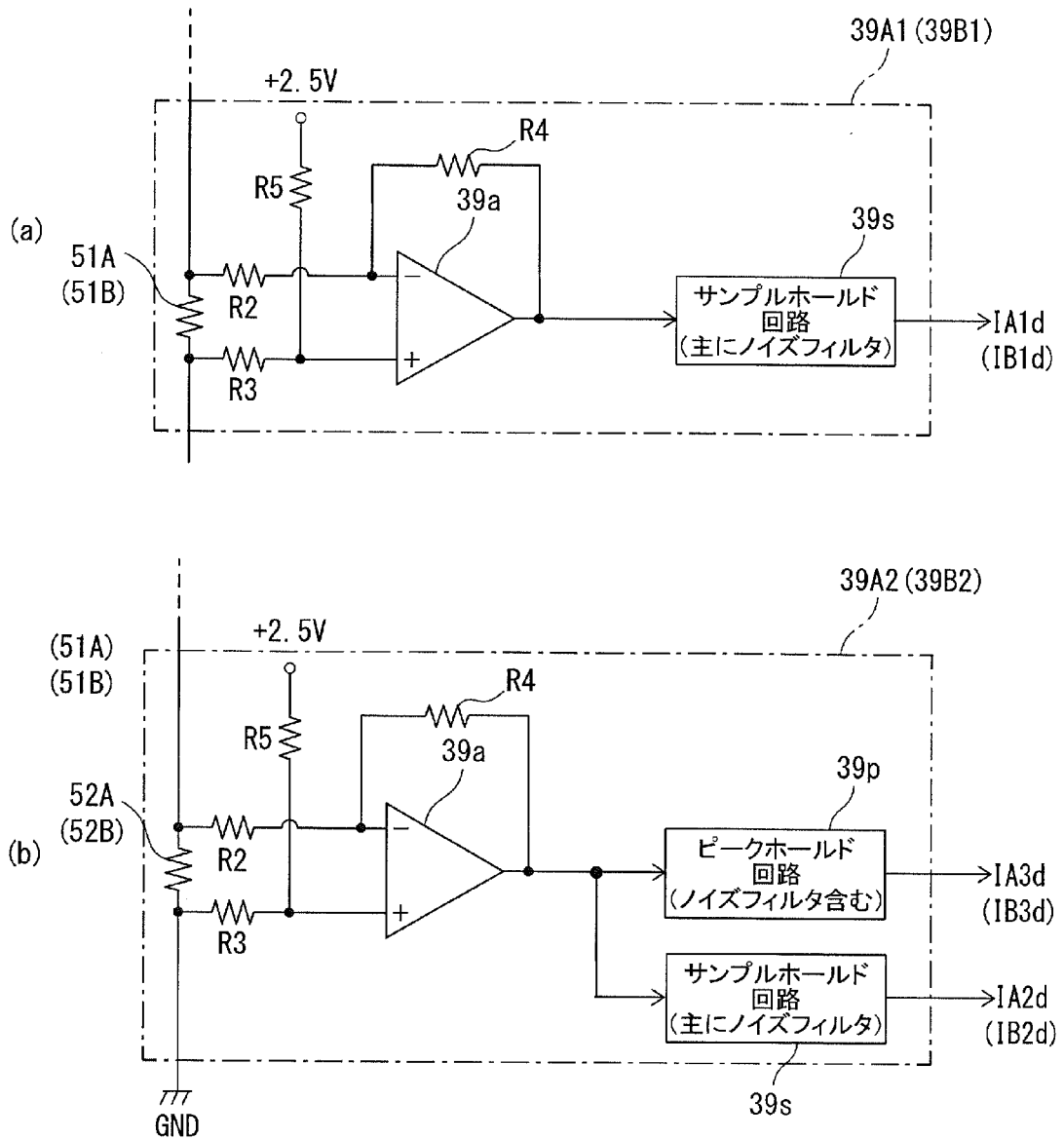
[図5]



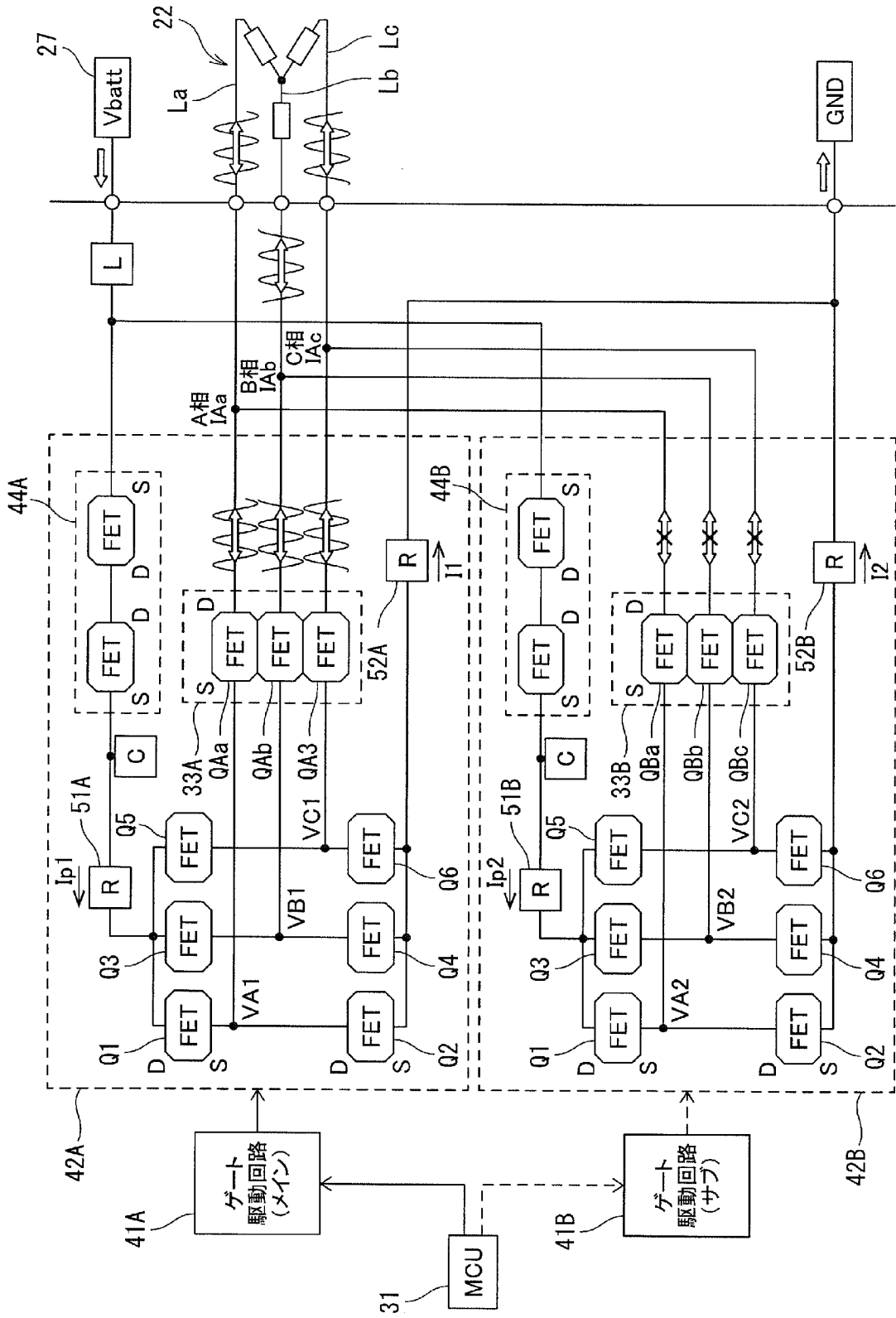
[図6]



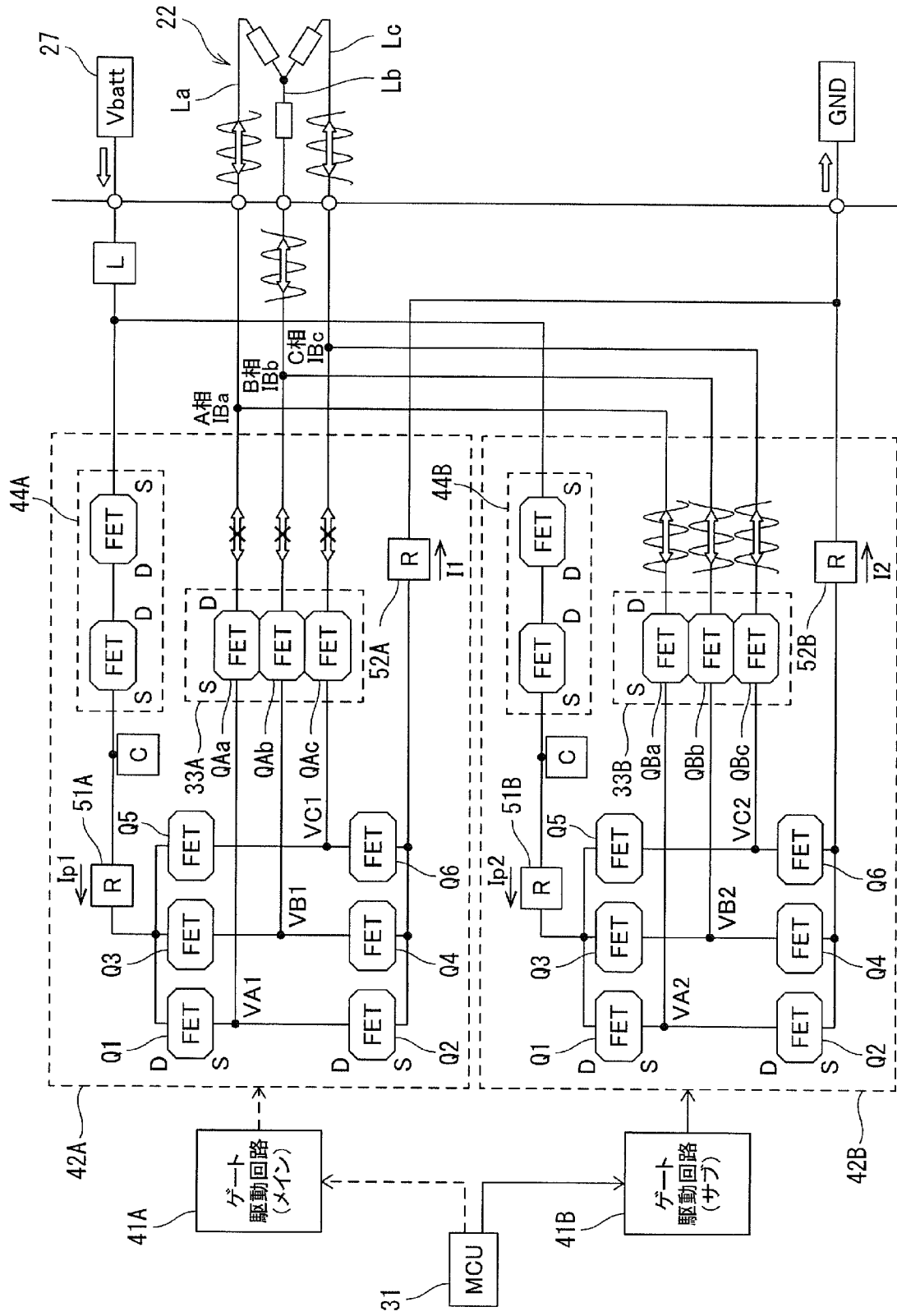
[図7]



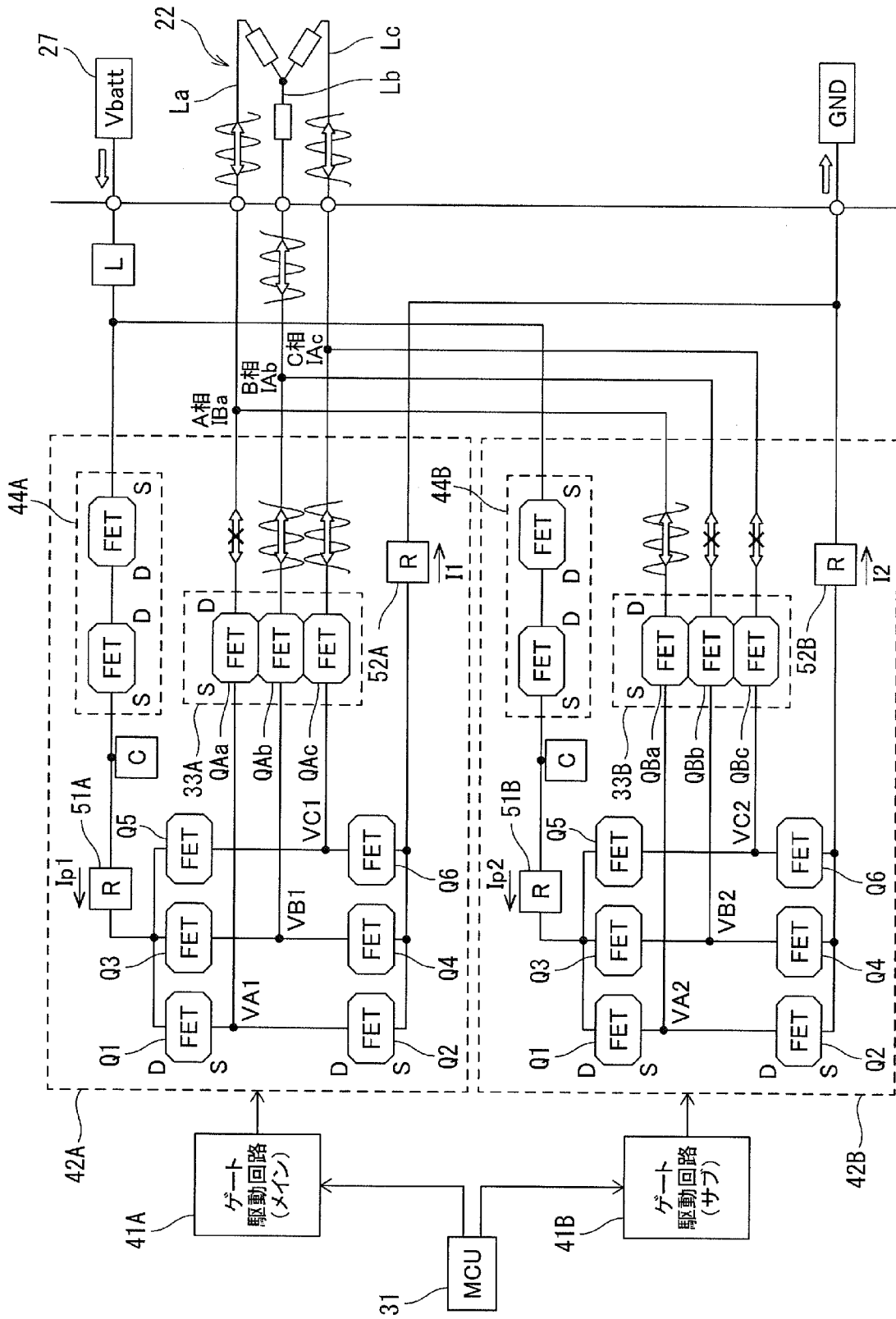
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/000972

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P27/06(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, H02P6/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02P27/06, B62D5/04, B62D6/00, H02P6/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-132919 A (NSK Ltd.), 12 June 2008 (12.06.2008), paragraphs [0022] to [0044]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-7
X A	WO 2009/119462 A1 (Sun Medical Technology Research Corp.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraphs [0044] to [0071]; fig. 3 to 4 & JP 2009-226121 A & US 2011/0015732 A1 & US 2013/0345804 A1 & EP 2255839 A1	1-2 3-7
A	JP 2009-067174 A (NSK Ltd.), 02 April 2009 (02.04.2009), paragraphs [0016] to [0036]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 01 May 2015 (01.05.15)	Date of mailing of the international search report 19 May 2015 (19.05.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H02P27/06(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, H02P6/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H02P27/06, B62D5/04, B62D6/00, H02P6/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年
 日本国登録実用新案公報 1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2008-132919 A（日本精工株式会社）2008.06.12, 段落 [0022] - [0044]、[図1]、[図4] （ファミリーなし）	1-7
X	WO 2009/119462 A1（株式会社サンメディカル技術研究所） 2009.10.01, 段落 [0044] - [0071]、[図3] - [図4]	1-2
A	& JP 2009-226121 A & US 2011/0015732 A1 & US 2013/0345804 A1 & EP 2255839 A1	3-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 01.05.2015	国際調査報告の発送日 19.05.2015
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 宮崎 基樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	3V	3424
--	---	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-067174 A (日本精工株式会社) 2009. 04. 02, 段落 [0016] - [0036]、[図1] - [図2] (ファミリーなし)	1-7