(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
2019年4月18日(18.04.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/073773 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 29/024 (2016.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/034817

(22) 国際出願日： 2018年9月20日(20.09.2018)

(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 2017-197895 2017年10月11日(11.10.2017) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 三河 謙太郎 (**MIKAWA, Kentaro**); 〒3720023 群馬県伊勢崎市粕川町１６７１番地１ 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Gunma (JP). 岡本 直樹(**OKAMOTO, Naoki**); 〒3720023 群馬県伊勢崎市粕川町１６７１番地１ 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Gunma (JP).

(74) 代理人: 小川 護晃, 外(**OGAWA, Moriaki** et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目１３番５号赤坂エイトワンビル７階 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, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** MOTOR DRIVE CONTROL DEVICE AND MOTOR POWER SUPPLY LINE ABNORMALITY DETECTION METHOD

(54) 発明の名称： モータ駆動制御装置及びモータ電力供給線の異常検知方法

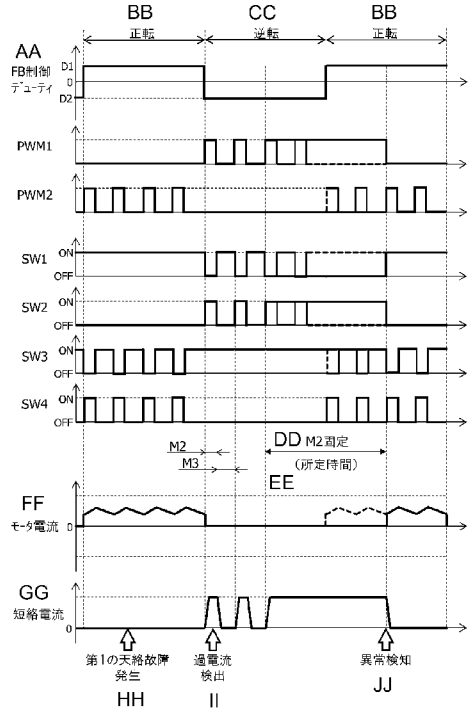


FIG. 13:
AA FB control duty
BB Normal rotation
CC Reverse rotation
DD M2 fixing
EE Predetermined time
FF Motor current
GG Short-circuit current
HH Occurrence of first supply-fault failure
II Overcurrent detection
JJ Abnormality detection

(57) **Abstract:** A motor drive control unit is provided with: a drive unit equipped with a plurality of semiconductor switches SW1-SW4 for adjusting power supplied to a motor; a control unit for outputting, to the drive unit, control signals PWM1, PWM2 for controlling the on/off states of the semiconductor switches SW1-SW4; and an overcurrent monitoring unit for monitoring overcurrent in the drive unit at a plurality of locations. The control unit outputs a control signal to the drive unit at a predetermined timing, said control signal forcibly fixing the semiconductor switches with at least two

WO 2019/073773 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

different on/off settings (M2) for respective predetermined times, and performs abnormality detection for detecting, at every elapse of the predetermined times on the basis of the overcurrent detection locations in the drive unit, whether or not an abnormality due to a ground fault or a supply fault occurs in a motor power supply line from the drive unit to the motor.

(57) 要約:モータ駆動制御部は、モータに供給する電力を調整する複数の半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を備えた駆動部と、複数の半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ状態を制御する制御信号ＰＷＭ１，ＰＷＭ２を駆動部に出力する制御部と、駆動部における過電流を複数箇所で監視する過電流監視部と、を備える。制御部は、所定のタイミングで、複数の半導体スイッチを強制的に少なくとも２つの異なるオン・オフ設定（Ｍ２）で所定時間ずつ固定する制御信号を駆動部に出力し、所定時間が経過するたびに、駆動部における過電流の検出箇所に基づいて、駆動部からモータまでのモータ電力供給線において地絡又は天絡による異常が発生しているか否かを検知する異常検知を行う。

明　細　書

発明の名称 ：

モータ駆動制御装置及びモータ電力供給線の異常検知方法

技術分野

[0001]　本発明は、モータ駆動制御装置及びモータ電力供給線の異常検知方法に関する。

背景技術

[0002]　従来のモータ駆動制御装置としては、例えば特許文献１に記載されているように、車両用内燃機関の可変バルブタイミング機構において、クランクシャフトとカムシャフトとの回転位相差を調整するためにカムシャフトを回転させるモータの駆動部として、いわゆるＨブリッジ回路を備えたモータ駆動制御装置が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００５－００９４８０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、モータ駆動制御装置における駆動部からモータまでのモータ電力供給線に地絡・天絡による異常が発生した場合に、かかる異常に起因した短絡電流は、Ｈブリッジ回路における半導体スイッチのオン・オフ設定が一定の状態で継続する。このため、クランクシャフトとカムシャフトとの回転位相差を目標値に追従させるために、Ｈブリッジ回路における半導体スイッチがオン・オフを繰り返し、あるいは、モータが正転・逆転を短時間で繰り返すと、短絡電流が継続的に流れないことがある。したがって、モータ駆動制御装置が過電流を検出したとしても、検出された過電流が、単なる電気的ノイズによるものであるのか、あるいは、モータ電力供給線の異常による短絡電流であるのか否かの判断が困難となるおそれがある。

[0005] そこで、本発明は以上のような問題点に鑑み、モータ電力供給線における異常の検知を容易にするモータ駆動制御装置及びモータ電力供給線の異常検知方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] このため、本発明に係るモータ駆動制御装置は、モータに供給する電力を調整する複数の半導体スイッチを備えた駆動部と、複数の半導体スイッチのオン・オフ状態を制御する制御信号を駆動部に出力する制御部と、駆動部における過電流を複数箇所で監視する過電流監視部と、を備え、制御部は、所定のタイミングで、複数の半導体スイッチを強制的に少なくとも２つの異なるオン・オフ設定で所定時間ずつ固定する制御信号を駆動部に出力し、所定時間が経過するたびに、駆動部における過電流の検出箇所に基づいて、駆動部からモータまでのモータ電力供給線において地絡又は天絡による異常が発生しているか否かを検知する異常検知を行う。

[0007] また、本発明に係るモータ電力供給線の異常検知方法は、モータに供給する電力を調整する複数の半導体スイッチを備えた駆動部からモータまでのモータ電力供給線の異常を検知するものであって、所定のタイミングで、複数の半導体スイッチを少なくとも２つの異なるオン・オフ設定で所定時間ずつ強制的に固定する制御信号を駆動部に出力し、駆動部における過電流を複数箇所で監視し、所定時間が経過するたびに、駆動部における過電流の検出箇所に基づいて、モータ電力供給線において地絡又は天絡による異常が発生しているか否かを検知する。

発明の効果

[0008] 本発明のモータ駆動制御装置及びモータ電力供給線の異常検知方法によれば、モータ電力供給線における異常の検知を容易ならしめることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明に係るモータ駆動制御装置の一例を示す概略図である。

[図2]モータ駆動制御装置におけるＩＰＤの内部構成を示す概略図である。

[図3]モータの駆動制御処理を示す制御タイムチャートである。

[図4]第１の地絡故障時の電流経路を示す模式図である。

[図5]第１の地絡故障時の電流時間変化を模式的に示すタイムチャートである。

[図6]第２の地絡故障時の電流経路を示す模式図である。

[図7]第２の地絡故障時の電流時間変化を模式的に示すタイムチャートである。

[図8]第１の天絡故障時の電流経路を示す模式図である。

[図9]第１の天絡故障時の電流時間変化を模式的に示すタイムチャートである。

[図10]第２の天絡故障時の電流経路を示す模式図である。

[図11]第２の天絡故障時の電流時間変化を模式的に示すタイムチャートである。

[図12]診断関連処理のメインルーチンを示すフローチャートである。

[図13]異常検知方法を説明するタイムチャートである。

[図14]異常診断サブルーチンの第１例を示すフローチャートである。

[図15]異常診断サブルーチンの第２例を示すフローチャートである。

[図16]異常診断サブルーチンの第３例を示すフローチャートである。

[図17]図１２の変形例を示すフローチャートである。

[図18]図１２又は図１７の変形例を示すフローチャートである。

[図19]図１７の変形例を示すフローチャートである。

[図20]図１５の変形例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 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、本発明に係るモータ駆動制御装置の一例を示す。

[0011] ［モータ駆動制御装置の内部構成］

モータ駆動制御装置１は、ＣＡＮ（Controller Area Network）等によって通信可能に接続された上位制御装置であるＥＣＭ（Electric Control Module

）２からの指令信号に基づいて、直流整流子電動機であるモータ３を駆動制御する。モータ３とモータ駆動制御装置１とは、互いに別体に構成され、電気ハーネス４ａ，４ｂによって接続されている。

[0012] 本実施形態では、モータ３は、内燃機関においてバルブタイミングを連続的に変更する可変バルブタイミング機構に備えられる。モータ３は、クランクシャフトの回転位相に対してカムシャフトの回転位相を進角又は遅角するために、すなわちＶＴＣ（Valve Timing Control）角度を制御量として制御するために、カムシャフトを回転駆動する駆動アクチュエータとして用いられる。ただし、モータ３は、可変バルブタイミング機構に限らず、他の車載システムにおける駆動アクチュエータにも利用できる。例えば、モータ３は、ピストンの上死点位置を変化させて圧縮比を変更する圧縮比可変機構や、吸気バルブのリフト量及び開弁期間を変更する可変動弁機構等に利用可能である。

[0013] モータ駆動制御装置１は、直流電源である車載バッテリＢから供給された直流電力をモータ３へ供給する電力に調整する駆動部として、第１のインテリジェント・パワー・デバイス１１及び第２のインテリジェント・パワー・デバイス１２を備えている。以下、第１のインテリジェント・パワー・デバイス１１を第１のＩＰＤ１１と略記し、第２のインテリジェント・パワー・デバイス１２を第２のＩＰＤ１２と略記する。第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２は、車載バッテリＢの正極と接続される正極側給電線ＢＬ１と車載バッテリＢの負極と接続される負極側給電線ＢＬ２との間に並列に接続される。第１のＩＰＤ１１は、モータ駆動制御装置１の出力端子１ａを介して電気ハーネス４ａによりモータ３の一方のモータ端子３ａと接続される。また、第２のＩＰＤ１２は、モータ駆動制御装置１の出力端子１ｂを介して電気ハーネス４ｂによりモータ３の他方のモータ端子３ｂと接続される。

[0014] 正極側給電線ＢＬ１には、半導体リレー１３および平滑回路１４が介装されている。半導体リレー１３は、外部からの制御信号ＳＩＧを入力することでオン・オフ制御可能に構成され、オン状態では、第１のＩＰＤ１１及び第

２のＩＰＤ１２へ電力を供給し、オフ状態では、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２に対する電力の供給を遮断する。平滑回路１４は、車載バッテリＢから供給される電力の交流成分を低減する回路であり、例えば図示のように、正極側給電線ＢＬ１に介装されたコイル１４ａと、その各端部とグランドを接続する２つのコンデンサ１４ｂと、を有するπ型フィルタで構成される。

[0015] モータ駆動制御装置１は、その内部に有する電源回路１５を電源供給源として、モータ３の駆動制御処理を実行するＣＰＵ（Central Processing Unit）１６を制御部として内蔵している。電源回路１５には、イグニッションスイッチＩＧＮがオン状態であるときに、車載バッテリＢから電力が供給される。

[0016] ＣＰＵ１６は、ＥＣＭ２からの指令信号に基づいて、ＶＴＣ角度の目標値である目標ＶＴＣ角度を決定する。また、ＣＰＵ１６は、クランクシャフトの回転位相を検出するクランク角センサ１７からの出力信号Ｓcrank及びカムシャフトの回転位相を検出するカム角センサ１８からの出力信号Ｓcamに基づいて、実際のＶＴＣ角度を演算する。そして、ＣＰＵ１６は、目標ＶＴＣ角度と実際のＶＴＣ角度との偏差に基づいて、第１のＩＰＤ１１に出力するパルス幅変調信号ＰＷＭ１のデューティ及び第２のＩＰＤ１２に出力するパルス幅変調信号ＰＷＭ２のデューティを決定する。そして、ＣＰＵ１６は、決定したデューティを反映したパルス幅変調信号ＰＷＭ１，ＰＷＭ２を、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２へそれぞれ出力し、これにより、フィードバック（ＦＢ）制御が行われる。

[0017] ＣＰＵ１６は、モータ３の駆動制御処理に加えて、後述するように、第１のＩＰＤ１１からの過電流検出信号ＩＳ１と第２のＩＰＤ１２からの過電流検出信号ＩＳ２とに基づいて、診断関連処理を実行する。診断関連処理は、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２からモータ３までのモータ電力供給線における異常診断を行うための処理である。モータ電力供給線は、電気ハーネス４ａ，４ｂに加え、以下を含む概念である。すなわち、モータ電力供

給線は、モータ駆動制御装置１において第１のＩＰＤ１１から出力端子１ａまでの回路部分及び第２のＩＰＤ１２から出力端子１ｂまでの回路部分を含む。また、モータ電力供給線は、モータ３においてモータ端子３ａから一方のブラシまでの回路部分及びモータ端子３ｂから他方のブラシまでの回路部分を含む。ＣＰＵ１６は、異常診断の結果に基づいて、半導体リレー１３に対して、これをオフ状態にする制御信号ＳＩＧを出力するように構成される。また、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２に対して、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２からモータ３に対する電力供給を遮断する出力制限信号ＩＮＨを出力するように構成されている。

[0018] ［ＩＰＤの内部構成］

図２は、モータ駆動制御装置におけるＩＰＤの内部構成を示す。図２に示すように、第１のＩＰＤ１１は、正極側給電線ＢＬ１と負極側給電線ＢＬ２との間で直列に接続される半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２を有している。同様に、第２のＩＰＤ１２は、正極側給電線ＢＬ１と負極側給電線ＢＬ２との間で直列に接続される半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４を有している。半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４には、例えばバイポーラトランジスタや電界効果型トランジスタ等の各種半導体スイッチング素子を用い得る。半導体スイッチＳＷ１，ＳＷ２のオン・オフ状態はＣＰＵ１６から第１のＩＰＤ１１に出力された制御信号であるパルス幅変調信号ＰＷＭ１に基づいて制御される。また、半導体スイッチＳＷ３，ＳＷ４のオン・オフ状態はＣＰＵ１６から第２のＩＰＤ１２に出力された制御信号であるパルス幅変調信号ＰＷＭ２に基づいて制御される。

[0019] 第１のＩＰＤ１１における半導体スイッチＳＷ１と半導体スイッチＳＷ２との間は、モータ３の一方のモータ端子３ａと接続されている。また、第２のＩＰＤ１２における半導体スイッチＳＷ３と半導体スイッチＳＷ４との間は、モータ３の他方のモータ端子３ｂと接続されている。これにより、第１のＩＰＤ１１の半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２、並びに第２のＩＰＤ１２の半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４は、それ

ぞれ上下アームを形成している。そして、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４によって、モータ３を正転方向及び逆転方向に回転駆動可能なＨブリッジ回路を構成している。

[0020] 第１のＩＰＤ１１は、ＣＰＵ１６から入力したパルス幅変調信号ＰＷＭ１に基づいて、半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２に制御信号Ｐ１，Ｐ２を出力する信号制御部１１ａを有している。具体的には、信号制御部１１ａは、下アームの半導体スイッチＳＷ２へパルス幅変調信号ＰＷＭ１に相当する制御信号Ｐ２を出力するとともに、上アームの半導体スイッチＳＷ１へパルス幅変調信号ＰＷＭ１を反転した信号に相当する制御信号Ｐ１を出力する。また、信号制御部１１ａは、ＣＰＵ１６から入力した出力制限信号ＩＮＨに基づいて、パルス幅変調信号ＰＷＭ１にかかわらず、半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２のいずれも強制的にオフ状態にする制御信号Ｐ１，Ｐ２を出力する。

[0021] 同様に、第２のＩＰＤ１２は、ＣＰＵ１６から入力したパルス幅変調信号ＰＷＭ２に基づいて、半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４に制御信号Ｐ３，Ｐ４を出力する信号制御部１２ａを有している。具体的には、信号制御部１２ａは、下アームの半導体スイッチＳＷ４へパルス幅変調信号ＰＷＭ２に相当する制御信号Ｐ４を出力するとともに、上アームの半導体スイッチＳＷ３へパルス幅変調信号ＰＷＭ２を反転した信号に相当する制御信号Ｐ３を出力する。また、信号制御部１２ａは、ＣＰＵ１６から入力した出力制限信号ＩＮＨに基づいて、パルス幅変調信号ＰＷＭ２にかかわらず、半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４のいずれも強制的にオフ状態にする制御信号Ｐ３，Ｐ４を出力する。

[0022] 第１のＩＰＤ１１は、半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２における過電流を監視するように構成された過電流監視部１１ｂを有している。第２のＩＰＤ１２は、半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４における過電流を監視するように構成された過電流監視部１２ｂを有している。過電流監視部１１ｂは第１のＩＰＤ１１において過電流を検出したときに

ＣＰＵ１６に対して過電流検出信号ＩＳ１を出力し、過電流監視部１２ｂは第２のＩＰＤ１２において過電流を検出したときにＣＰＵ１６に対して過電流検出信号ＩＳ２を出力する。

[0023] ［モータの駆動制御処理］

図３は、モータの駆動制御処理における各種パラメータの時間変化を示す。ＣＰＵ１６は、モータ３の駆動制御処理において、ＰＩ（Proportional-Integral）制御等を用いて、実際のＶＴＣ角度（制御量）と目標ＶＴＣ角度（制御量の目標値）との偏差に基づいてＦＢ制御デューティを演算する。ＦＢ制御デューティは、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のそれぞれがオン及びオフを繰り返すスイッチングにおいて、オン時間の比率を示す百分率である。実際のＶＴＣ角度が目標ＶＴＣ角度よりも小さい場合、ＦＢ制御デューティは、例えば、正の値Ｄ１［％］として算出される。一方、実際のＶＴＣ角度が目標ＶＴＣ角度よりも大きい場合、ＦＢ制御デューティは、例えば、負の値Ｄ２［％］として算出される。

[0024] ＣＰＵ１６は、ＦＢ制御デューティが正の値Ｄ１［％］として算出された場合、パルス幅変調信号ＰＷＭ１のデューティを０［％］に決定しつつ、パルス幅変調信号ＰＷＭ２のデューティをＤ１［％］に決定する。一方、ＣＰＵ１６は、ＦＢ制御デューティが負の値Ｄ２［％］として算出された場合、パルス幅変調信号ＰＷＭ２のデューティを０［％］に決定しつつ、パルス幅変調信号ＰＷＭ１のデューティをＤ２［％］の絶対値に決定する。そして、ＣＰＵ１６は、決定したデューティを反映したパルス幅変調信号ＰＷＭ１，ＰＷＭ２を、それぞれ、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２へ出力する。

[0025] 第１のＩＰＤ１１において、信号制御部１１ａは、デューティが０［％］に決定されたパルス幅変調信号ＰＷＭ１を入力すると、制御信号Ｐ１及び制御信号Ｐ２を以下のように出力する。すなわち、信号制御部１１ａは、上アームの半導体スイッチＳＷ１に対して、デューティを１００［％］にした制御信号Ｐ１を出力し、下アームの半導体スイッチＳＷ２に対して、デューテ

ィを０［％］にした制御信号Ｐ２を出力する。一方、信号制御部１１ａは、デューティがＤ２［％］の絶対値に決定されたパルス幅変調信号を入力すると、制御信号Ｐ１及び制御信号Ｐ２を以下のように出力する。すなわち、信号制御部１１ａは、上アームの半導体スイッチＳＷ１に対して、デューティを（１００－｜Ｄ２｜）［％］にした制御信号Ｐ１を出力し、下アームの半導体スイッチＳＷ２に対して、デューティをＤ２［％］の絶対値にした制御信号Ｐ２を出力する。半導体スイッチＳＷ１及び半導体スイッチＳＷ２は、一方がオン状態であるとき他方がオフ状態となる相補ＰＷＭ（Pulse Width Modulation）で制御される。

[0026] 第２のＩＰＤ１２において、信号制御部１２ａは、デューティがＤ１［％］に決定されたパルス幅変調信号ＰＷＭ２を入力すると、制御信号Ｐ３及び制御信号Ｐ４を以下のように出力する。すなわち、信号制御部１２ａは、上アームの半導体スイッチＳＷ３に対して、デューティを（１００－Ｄ１）［％］にした制御信号Ｐ３を出力し、下アームの半導体スイッチＳＷ４に対して、デューティをＤ１［％］にした制御信号Ｐ４を出力する。一方、信号制御部１２ａは、デューティが０［％］に決定されたパルス幅変調信号ＰＷＭ２を入力すると、制御信号Ｐ３及び制御信号Ｐ４を以下のように出力する。すなわち、信号制御部１２ａは、上アームの半導体スイッチＳＷ３に対して、デューティを１００［％］にした制御信号Ｐ３を出力し、下アームの半導体スイッチＳＷ４に対して、デューティを０［％］にした制御信号Ｐ４を出力する。半導体スイッチＳＷ３及び半導体スイッチＳＷ４は、一方がオン状態であるとき他方がオフ状態となる相補ＰＷＭで制御される。

[0027] ＦＢ制御デューティが正の値Ｄ１［％］のときに、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ状態が以下のようになる場合を駆動モードＭ１という。すなわち、第１のＩＰＤ１１における上アームの半導体スイッチＳＷ１がオン状態であり、かつ、第２のＩＰＤ１２における下アームの半導体スイッチＳＷ４がオン状態である場合を、駆動モードＭ１という。駆動モードＭ１では、車載バッテリＢからの電流は、正極側給電線ＢＬ１から半導体スイッ

チＳＷ１を通り、モータ３をモータ端子３ａからモータ端子３ｂに向けて流れ、半導体スイッチＳＷ４を通って負極側給電線ＢＬ２に流れる。駆動モードＭ１のときモータ３に流れるモータ電流を正の値とし、モータ３は正方向に回転（正転）するものとする。

[0028] 一方、ＦＢ制御デューティが負の値Ｄ２［％］のときに、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ状態が以下のようになる場合を駆動モードＭ２という。すなわち、第２のＩＰＤ１２における上アームの半導体スイッチＳＷ３がオン状態であり、かつ、第１のＩＰＤ１１における下アームの半導体スイッチＳＷ２がオン状態である場合を、駆動モードＭ２という。駆動モードＭ２では、車載バッテリＢからの電流は、正極側給電線ＢＬ１から半導体スイッチＳＷ３を通り、モータ３をモータ端子３ｂからモータ端子３ａに向けて流れ、半導体スイッチＳＷ２を通って負極側給電線ＢＬ２に流れる。駆動モードＭ２のときモータ３に流れるモータ電流を負の値とし、モータ３は逆方向に回転（逆転）するものとする。

[0029] 半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定が駆動モードＭ１である場合に、半導体スイッチＳＷ４がパルス幅変調信号ＰＷＭ２に応じてオン状態からオフ状態に変化すると、半導体スイッチＳＷ３は相補ＰＷＭ制御によってオフ状態からオン状態に変化する。この変化後の半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ３という。このときの駆動モードＭ３では、逆起電圧によりモータ３をモータ端子３ａからモータ端子３ｂに向けて流れようとするモータ電流は、第２のＩＰＤ１２の半導体スイッチＳＷ３を通って正極側給電線ＢＬ１から第１のＩＰＤ１１の半導体スイッチＳＷ１を通る。そして、かかる逆起電圧によるモータ電流は、モータ３のモータ端子３ａに流れて還流することで、徐々に低減する。これにより、モータ３の逆起電圧に起因した半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４等の故障を抑制している。

[0030] 半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定が駆動モードＭ２である場合に、半導体スイッチＳＷ２がパルス幅変調信号ＰＷＭ１に応じてオン状

態からオフ状態に変化すると、半導体スイッチＳＷ１が相補ＰＷＭ制御によってオフ状態からオン状態に変化する。この変化後の半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定も上記の駆動モードＭ３となる。このときの駆動モードＭ３では、逆起電圧によりモータ３をモータ端子３ｂからモータ端子３ａに向けて流れようとするモータ電流は、第１のＩＰＤ１１の半導体スイッチＳＷ１を通って正極側給電線ＢＬ１から第２のＩＰＤ１２の半導体スイッチＳＷ３を通る。そして、かかる逆起電圧によるモータ電流は、モータ３のモータ端子３ｂに流れて還流することで、徐々に低減する。これにより、モータ３の逆起電圧に起因した半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４等の故障を抑制している。

[0031] ［モータ電力供給線の異常態様］

次に、モータ電力供給線の診断関連処理について説明する前に、モータ電力供給線の異常態様と各態様におけるモータ電流及び短絡電流とについて、図４～図１１を用いて説明する。モータ電力供給線の異常態様としては、後述するように、第１の地絡故障、第２の地絡故障、第１の天絡故障及び第２の天絡故障がある。

[0032] （第１の地絡故障）

図４は第１の地絡故障が発生している場合の電流経路を示し、図５は第１の地絡故障が発生している場合のモータ電流及び短絡電流の時間変化を示す。第１の地絡故障は、モータ電力供給線のうち電気ハーネス４ａとグランドとの間において、比較的低いインピーダンスで意図しない電気的な接続が発生する故障である。なお、モータ電力供給線のうち、第１のＩＰＤ１１と出力端子１ａとの間の回路部分、又は、モータ端子３ａと一方のブラシとの間の回路部分でも第１の地絡故障は発生し得る。ただし、以下では、電気ハーネス４ａを第１の地絡故障が発生する箇所の代表例として説明する。下記の第１の天絡故障についても同様である。

[0033] 第１の地絡故障が発生している場合、図４（ａ）に示す駆動モードＭ１及び図４（ｃ）に示す駆動モードＭ３では、車載バッテリＢからの電流は、正

極側給電線ＢＬ１から半導体スイッチＳＷ１を経て電気ハーネス４ａの地絡箇所からグランドへと直接流れる。このため、図５に示すように、駆動モードＭ１、及び、駆動モードＭ１から切り換わったときの駆動モードＭ３ではモータ電流は略零となり、モータ３は駆動されない。また、駆動モードＭ２から切り換わったときの駆動モードＭ３では、モータ３の逆起電圧によってモータ電流が流れるものの、車載バッテリＢからの電流は、モータ３の逆起電圧によってモータ３には流れず、モータ３の駆動には寄与しない。したがって、第１のＩＰＤ１１には車載バッテリＢの正極からグランドに向かう短絡電流が流れ、この短絡電流は過電流監視部１１ｂにより過電流として検出され、過電流監視部１１ｂから過電流検出信号ＩＳ１が出力される。

[0034] また、第１の地絡故障が発生している場合、図４（ｂ）に示す駆動モードＭ２では、車載バッテリＢからの電流は、正極側給電線ＢＬ１から半導体スイッチＳＷ３を通って、モータ３をモータ端子３ｂからモータ端子３ａに向って流れ、電気ハーネス４ａの地絡箇所からグランドへ流れる。したがって、モータ３には、図５に示すように負のモータ電流が流れて、モータ３が逆転駆動されるため、車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0035] （第２の地絡故障）

図６は第２の地絡故障が発生している場合の電流経路を示し、図７は第２の地絡故障が発生している場合のモータ電流及び短絡電流の時間変化を示す。第２の地絡故障は、モータ電力供給線のうち電気ハーネス４ｂとグランドとの間において、比較的低いインピーダンスで意図しない電気的な接続が発生する故障である。なお、モータ電力供給線のうち、第２のＩＰＤ１２と出力端子１ｂとの間の回路部分、又は、モータ端子３ｂと他方のブラシとの間の回路部分でも第２の地絡故障は発生し得る。ただし、以下では、電気ハーネス４ｂを第２の地絡故障が発生する箇所の代表例として説明する。下記の第２の天絡故障についても同様である。

[0036] 第２の地絡故障が発生している場合、図６（ａ）に示す駆動モードＭ１で

は、車載バッテリＢからの電流は、正極側給電線ＢＬ１から半導体スイッチＳＷ１を通って、モータ３をモータ端子３ａからモータ端子３ｂに向って流れる。そして、かかる電流は、電気ハーネス４ｂの地絡箇所からグランドへ流れる。したがって、モータ３には、図７に示すように正のモータ電流が流れて、モータ３が正転駆動されるため、車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0037] 第２の地絡故障が発生している場合、図６（ｂ）に示す駆動モードＭ２及び図６（ｃ）に示す駆動モードＭ３では、車載バッテリＢからの電流は、正極側給電線ＢＬ１から半導体スイッチＳＷ３を経て電気ハーネス４ｂの地絡箇所からグランドへと直接流れる。このため、図７に示すように、駆動モードＭ２、及び、駆動モードＭ２から切り換わったときの駆動モードＭ３では、モータ電流は略零となり、モータ３は駆動されない。また、駆動モードＭ１から切り換わったときの駆動モードＭ３では、モータ３の逆起電圧によってモータでんりゅうが流れるものの、車載バッテリＢからの電流は、モータ３の逆起電圧によってモータ３には流れず、モータ３の駆動には寄与しない。したがって、第２のＩＰＤ１２には車載バッテリＢの正極からグランドに向かう短絡電流が流れ、この短絡電流は過電流監視部１２ｂによって過電流として検出され、過電流監視部１２ｂから過電流検出信号ＩＳ２が出力される。

[0038] （第１の天絡故障）

図８は第１の天絡故障が発生している場合の電流経路を示し、図９は第１の天絡故障が発生している場合のモータ電流及び短絡電流の時間変化を示す。第１の天絡故障は、モータ電力供給線の電気ハーネス４ａと車載バッテリＢとの間において、比較的低いインピーダンスで意図しない電気的な接続が発生する故障である。第１の天絡故障が発生している場合、図８（ａ）に示す駆動モードＭ１では、車載バッテリＢからの電流は、電気ハーネス４ａの天絡箇所から流入する。そして、かかる電流は、モータ３をモータ端子３ａからモータ端子３ｂに向って流れ、半導体スイッチＳＷ４を通って負極側給

電線ＢＬ２へ流れる。したがって、モータ３には、図９に示すように正のモータ電流が流れて、モータ３が正転駆動されるため、車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0039] 第１の天絡故障が発生している場合、図８（ｂ）に示す駆動モードＭ２では、車載バッテリＢからの電流は、電気ハーネス４ａの天絡箇所から流入し、半導体スイッチＳＷ２を通って負極側給電線ＢＬ２へ流れる。このため、モータ端子３ａとモータ端子３ｂとの間は略同電位となるので、図９に示すように、駆動モードＭ２ではモータ電流は略零となり、モータ３は駆動されない。したがって、第１のＩＰＤ１１には車載バッテリＢの正極からグランドに向かう短絡電流が流れ、この短絡電流は過電流監視部１１ｂによって過電流として検出され、過電流監視部１１ｂから過電流検出信号ＩＳ１が出力される。

[0040] 図８（ｃ）に示す駆動モードＭ３では、半導体スイッチＳＷ２及び半導体スイッチＳＷ４がいずれもオフ状態となっている。このため、駆動モードＭ３では、駆動モードＭ１から切り換わったときにモータ３の逆起電圧によるモータ電流が還流するものの、第１の天絡故障が発生しても、車載バッテリＢからの電流は負極側給電線ＢＬ２へ流れない。すなわち、駆動モードＭ３では、図９に示すように車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0041] （第２の天絡故障）

図１０は第２の天絡故障が発生している場合の電流経路を示し、図１１は第２の天絡故障が発生している場合のモータ電流及び短絡電流の時間変化を示す。第２の天絡故障は、モータ電力供給線の電気ハーネス４ｂと車載バッテリＢとの間において、比較的低いインピーダンスで意図しない電気的な接続が発生する故障である。第２の天絡故障が発生している場合、図１０（ａ）に示す駆動モードＭ１では、車載バッテリＢからの電流は、電気ハーネス４ｂの天絡箇所から流入し、半導体スイッチＳＷ４を通って負極側給電線ＢＬ２へ流れる。このため、モータ端子３ａとモータ端子３ｂとの間は略同電

位となるので、図１１に示すように、駆動モードＭ１ではモータ電流は略零となり、モータ３は駆動されない。したがって、第２のＩＰＤ１２には車載バッテリＢの正極からグランドに向かう短絡電流が流れ、この短絡電流は過電流監視部１２ｂによって過電流として検出され、過電流監視部１２ｂから過電流検出信号ＩＳ２が出力される。

[0042] 第２の天絡故障が発生している場合、図１０（ｂ）に示す駆動モードＭ２では、車載バッテリＢからの電流は、電気ハーネス４ｂの天絡箇所から流入し、モータ３をモータ端子３ｂからモータ端子３ａに向って流れる。そして、かかる電流は、半導体スイッチＳＷ２を通って負極側給電線ＢＬ２へ流れる。したがって、モータ３には、図１１に示すように負のモータ電流が流れて、モータ３が逆転駆動されるため、車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0043] 図１０（ｃ）に示す駆動モードＭ３では、半導体スイッチＳＷ２及び半導体スイッチＳＷ４がいずれもオフ状態となっている。このため、駆動モードＭ３では、駆動モードＭ２から切り換わったときにモータ３の逆起電圧によるモータ電流が還流するものの、第２の天絡故障が発生しても、車載バッテリＢからの電流は負極側給電線ＢＬ２へ流れない。すなわち、駆動モードＭ３では、図１１に示すように車載バッテリＢの正極とグランドとの間に短絡電流は発生しない。

[0044] ［モータ電力供給線の診断関連処理］

図１２は、イグニッションスイッチＩＧＮがオン操作されてＣＰＵ１６に電源供給が開始されたことを契機にＣＰＵ１６において実行される、モータ電力供給線の診断関連処理について、そのメインルーチンの一例を示す。

[0045] ステップＳ１（図中では「Ｓ１」と略記する。以下同様である。）では、ＣＰＵ１６は、過電流検出信号ＩＳ１及び過電流検出信号ＩＳ２に基づいて、第１のＩＰＤ１１又は第２のＩＰＤ１２において過電流が検出されたか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ２へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、過電

流が検出されていないと判定した場合には（ＮＯ）、再度ステップＳ１を実行する。

[0046] ステップＳ２では、ＣＰＵ１６は、モータ３の駆動制御処理を中断して、モータ電力供給線の異常診断を実行する。モータ電力供給線の異常診断は、モータ電力供給線に異常が発生しているか否かを、その異常態様を含めて検知し決定するものである。モータ電力供給線の異常態様には、前述のように、第１の地絡故障、第２の地絡故障、第１の天絡故障及び第２の天絡故障が含まれる。異常診断のさらなる内容については後述する。

[0047] ステップＳ３において、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２の異常診断によってモータ電力供給線の異常態様を決定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ４へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、モータ電力供給線の異常態様を決定していない場合には（ＮＯ）、モータ３の駆動制御処理を再開して、処理をステップＳ１へ戻す。

[0048] ステップＳ４では、ＣＰＵ１６はモータ３がフェールセーフ動作を行うように制御する。フェールセーフ動作には、モータ３の動作を停止することや、モータ３を回転可能な方向にのみ動作させることが含まれる。

[0049] モータ３の動作を停止する場合には、ＣＰＵ１６は、半導体リレー１３に対して、これをオフ状態にする制御信号ＳＩＧを出力する。また、これに加えて若しくはこれとは別に、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２に対して、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を強制的にオフ状態にする出力制限信号ＩＮＨを出力する。

[0050] モータ３を回転可能な方向にのみ動作させる場合には、ＣＰＵ１６は以下のようにする。すなわち、ＣＰＵ１６は、モータ電力供給線の異常態様として、第１の地絡故障又は第２の天絡故障を決定した場合には、モータ３を逆転駆動させる。具体的には、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定が、駆動モードＭ２となるように、又は、駆動モードＭ２及び駆動モードＭ３を交互に繰り返すように、パルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を出力する。また、ＣＰＵ１６は、モータ電力

供給線の異常態様として、第２の地絡故障又は第１の天絡故障を決定した場合には、モータ３を正転駆動させる。具体的には、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定が、駆動モードＭ１となるように、又は、駆動モードＭ１及び駆動モードＭ３を交互に繰り返すように、パルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を出力する。

[0051] モータ３を回転可能な方向にのみ動作させる際には、異常時におけるフェールセーフ動作用の目標ＶＴＣ角度を予め設定しておき、必要に応じて、又は、強制的に、実際のＶＴＣ角度が目標ＶＴＣ角度となるように、モータ３を駆動させることができる。これにより、実際のＶＴＣ角度を、内燃機関にとってフェールセーフに有利なＶＴＣ角度となるようにして、リンプホーム性能の向上を図っている。

[0052] なお、ＣＰＵ１６は、モータ電力供給線の異常態様を決定してモータ３を必要に応じて回転可能な方向に動作させるフェールセーフ動作中に、さらなる異常が発生したときには、モータ３の動作を停止してもよい。例えば、フェールセーフ動作中に、過電流検出信号ＩＳ１又は過電流検出信号ＩＳ２により過電流が検出されたときには、モータ３の動作を停止してもよい。

[0053] ［異常診断］

（異常検知方法）

図１３は、異常検知方法を説明するタイムチャートである。図１３において、例えば、モータ３を正転駆動しているときに第１の天絡故障が発生したとする。ＣＰＵ１６がモータ３を正転駆動しているときには、前述のように短絡電流は発生しない（図８（ａ）参照）。そして、ＣＰＵ１６における演算によってＦＢ制御デューティが負の値Ｄ２［％］となって、ＣＰＵ１６がモータ３を逆転駆動するべく半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ２へ切り換えると、短絡電流が発生する（図８（ｂ）参照）。この短絡電流は第１のＩＰＤ１１における過電流監視部１１ｂによって過電流として検出され、過電流監視部１１ｂから過電流検出信号ＩＳ１が出力される。

[0054] しかし、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定は、パルス幅変調信号ＰＷＭ１に従って駆動モードＭ２と駆動モードＭ３とを短時間で繰り返し、しかも、駆動モードＭ３のオン・オフ設定では短絡電流は流れない。このため、モータ３を逆転駆動しているときには短絡電流は断続的にしか流れない。仮に、ＣＰＵ１６が、駆動モードＭ２によるオン・オフ設定で過電流を連続して所定回数検出したときに短絡電流の発生を確定するものであっても、モータ３が、正転・逆転を短時間で繰り返すと、このような確定も容易でなくなる。つまり、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ２にしたときに検出された過電流が、単なる電気的ノイズによるものであるか、あるいは、モータ電力供給線の異常による短絡電流であるのかを特定することが困難となるおそれがある。

[0055] したがって、モータ電力供給線の異常診断では、ＣＰＵ１６は、過電流を検出したときには、演算したＦＢ制御デューティの値にかかわらず、以下のように、強制的にパルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を出力している。すなわち、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を、駆動モードＭ１～Ｍ３から選択した少なくとも２つの異なる駆動モードに従ったオン・オフ設定に所定時間ずつ強制的に固定するように、パルス幅変調信号ＰＷＭ１，ＰＷＭ２を出力している。例えば図１３では、ＣＰＵ１６は、過電流を検出したときに、最初に駆動モードＭ２に固定している。これにより、モータ電力供給線に異常が発生している場合、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定によっては短絡電流が連続して流れるので、検出した過電流がモータ電力供給線の異常による短絡電流であることを特定しやすくなる。そして、ＣＰＵ１６は、選択した駆動モードによるオン・オフ設定で所定時間が経過したときの過電流の検出箇所（第１のＩＰＤ１１又は第２のＩＰＤ１２）に基づいて、モータ電力供給線に異常が発生しているか否かを、その異常態様を含めて検知し決定している。例えば、図１３に示すように、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定して、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されれば（

図８（ｂ）参照）、第１の天絡故障が発生していることを検知できる。なお、図１３において、パルス幅変調信号ＰＷＭ１，ＰＷＭ２の時間変化、及び半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ状態の時間変化における太い破線は、ＦＢ制御デューティに基づいてモータ３の駆動制御処理を行った場合の時間変化を示している。

[0056] （異常診断の第１例）

図１４は、図１２のステップＳ２で実行するモータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第１例を示す。

[0057] ステップＳ１１では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に固定するパルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を第１のＩＰＤ１１及び第２のＩＰＤ１２へ出力する。ＣＰＵ１６が、前述のステップＳ１で過電流を検出したときに、そのときの駆動モードを特定できるように構成されている場合には、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を、過電流を検出したときの駆動モードに最初に固定してもよい。これにより、モータ電力供給線の異常態様を比較的早期に検知し決定できる。

[0058] ステップＳ１２では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に固定してから所定時間Ｔ１が経過したか否かを判定する。この所定時間Ｔ１は、モータ電力供給線に第１の地絡故障又は第２の天絡故障が発生していれば、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に強制的に固定することで短絡電流が発生していると明確に判別できる時間である。また、所定時間Ｔ１は、モータ３の駆動によってカムシャフトがクランクシャフトに対して進角動作又は遅角動作を実際に開始するまでの時間よりも短い時間である。そして、ＣＰＵ１６は、所定時間Ｔ１が経過したと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１３へ進める一方、所定時間Ｔ１が経過していないと判定した場合には（ＮＯ）、ステップＳ１２を再度実行する。

[0059] ステップＳ１３では、ＣＰＵ１６は、過電流検出信号ＩＳ１に基づいて、

第１のＩＰＤ１１において過電流が検出されたか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１４へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１５へ進める。

[0060] ステップＳ１４において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ａにおける第１の地絡故障の発生（図４（ａ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0061] ステップＳ１５では、ＣＰＵ１６は、過電流検出信号ＩＳ２に基づいて、第２のＩＰＤ１２において過電流が検出されたか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１６へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１７に進める。

[0062] ステップＳ１６において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ｂにおける第２の天絡故障の発生（図１０（ａ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0063] なお、第１のＩＰＤ１１の過電流検出判定を行ってから第２のＩＰＤ１２の過電流検出判定を行う場合に限らず、第２のＩＰＤ１２の過電流検出判定を行ってから第１のＩＰＤ１１の過電流検出判定を行ってもよい。以下、各駆動モードを所定時間固定して行われる過電流検出の判定において同様である。

[0064] ステップＳ１７では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定するパルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を出力する。

[0065] ステップＳ１８では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定してから所定時間Ｔ２が経過したか否かを判定する。この所定時間Ｔ２は、電気ハーネス４ａ，４

ｂに第２の地絡故障又は第１の天絡故障が発生していれば、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ２に固定することで短絡電流が発生していると明確に判別できる時間である。また、所定時間Ｔ２は、モータ３の駆動によってカムシャフトがクランクシャフトに対して進角動作又は遅角動作を実際に開始するまでの時間よりも短い時間である。所定時間Ｔ２は所定時間Ｔ１と同じ時間に設定してもよい。そして、ＣＰＵ１６は、所定時間Ｔ２が経過したと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１９へ進める一方、所定時間Ｔ２が経過していないと判定した場合には（ＮＯ）、ステップＳ１８を再度実行する。

[0066] ステップＳ１９では、ＣＰＵ１６は、過電流検出信号ＩＳ１に基づいて、第１のＩＰＤ１１において過電流が検出されたか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ２０へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ２１へ進める。

[0067] ステップＳ２０において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ａにおける第１の天絡故障の発生（図８（ｂ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0068] ステップＳ２１では、ＣＰＵ１６は、過電流検出信号ＩＳ２に基づいて、第２のＩＰＤ１２において過電流が検出されたか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ２２へ進める。一方、ステップＳ２１において、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ２３へ進めて、モータ電力供給線が正常であるものとして異常診断の結果を決定し、本サブルーチンを終了する。

[0069] ステップＳ２２において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ｂにおける第２の地絡故障の発生（図６（ｂ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断

の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0070] なお、モータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第１例において、過電流を検出したときの駆動モードが駆動モードＭ２である場合には、以下のようにしてもよい。すなわち、最初に半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ２に所定時間Ｔ２固定して過電流検出の判定を行った後、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定を駆動モードＭ１に所定時間Ｔ１固定して過電流検出の判定を行ってもよい。

[0071] 異常診断の第１例によれば、ＣＰＵ１６が半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に固定することで、モータ電力供給線に第１の地絡故障又は第２の天絡故障が発生しているか否かを検知できる。また、ＣＰＵ１６が半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定することで、モータ電力供給線に第１の天絡故障又は第２の地絡故障による異常が発生しているか否かを検知できる。要するに、ＣＰＵ１６が半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を比較的少ない２つの異なる駆動モードに従ったオン・オフ設定に所定時間ずつ強制的に固定することで、モータ電力供給線の４つの異常態様について診断できる。

[0072] また、仮に半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に固定することでモータ３が僅かに正転したとしても、次に駆動モードＭ２に固定することでモータ３が僅かに逆転する。これにより、モータ３の回転位置を駆動モードＭ１に固定する前の状態に近づけることができる。

[0073] （異常診断の第２例）

図１５は、図１２のステップＳ２で実行するモータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第２例を示す。

[0074] ステップＳ１０１では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定するパルス幅変調信号ＰＷＭ１及びパルス幅変調信号ＰＷＭ２を第１のＩＰＤ１１及び第２のＩ

ＰＤ１２へ出力する。半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定すれば、図４（ｃ）及び図６（ｃ）に示すように、第１の地絡故障及び第２の地絡故障のいずれによる異常についても検知することができる。このため、第１の天絡故障及び第２の天絡故障よりも発生頻度が高い第１の地絡故障及び第２の地絡故障の発生の有無について比較的早期に診断したい場合には、本例のように、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を最初に駆動モードＭ３に強制的に固定する。

[0075] ステップＳ１０２では、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定してから所定時間Ｔ３が経過したか否かを判定する。この所定時間Ｔ３は、モータ電力供給線に第１の地絡故障又は第２の地絡故障が発生していれば、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に強制的に固定することで短絡電流が発生していると明確に判別できる時間である。所定時間Ｔ３は、所定時間Ｔ１，Ｔ２と同様の時間とすることができる。あるいは、駆動モードＭ３ではモータ３は駆動されないことから、所定時間Ｔ３は、カムシャフトがクランクシャフトに対して進角動作又は遅角動作を開始する時間を考慮せずに、所定時間Ｔ１，Ｔ２より長い時間に設定されてもよい。そして、ＣＰＵ１６は、所定時間Ｔ３が経過したと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１０３へ進める一方、所定時間Ｔ３が経過していないと判定した場合には（ＮＯ）、ステップＳ１０２を再度実行する。

[0076] ステップＳ１０３において、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１０４へ進める。一方、ステップＳ１０３において、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１０５へ進めて、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたか否かを判定する。

[0077] ステップＳ１０４において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ａにおける第１の地絡故障の発生（図４（ｃ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診

断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0078] ステップＳ１０５において、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１０６へ進める。ステップＳ１０６において、電気ハーネス４ｂにおける第２の地絡故障の発生（図６（ｃ）参照）を検知し、かかる異常態様で異常診断の結果を決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0079] 一方、ステップＳ１０５において、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、第１の地絡故障又は第２の地絡故障による異常は発生していないと判断して、処理をステップＳ１０７へ進める。そして、ＣＰＵ１６は、第１の天絡故障又は第２の天絡故障の有無を診断する。

[0080] ＣＰＵ１６は、ステップＳ１０７及びステップＳ１０８によって半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に所定時間Ｔ１固定する。ＣＰＵ１６は、所定時間Ｔ１が経過したときに、処理をステップＳ１０９に進めて、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたか否かを判定する。ステップＳ１０９において、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１１０へ進める。ステップＳ１１０において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ｂにおける第２の天絡故障の発生（図１０（ａ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。

[0081] ＣＰＵ１６は、ステップＳ１０７で駆動モードＭ１に固定して所定時間Ｔ１が経過したとき、敢えて第１のＩＰＤ１１における過電流検出の判定を行わない。これは、ステップＳ１０１で半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定したときに、ステップＳ１０３の実行により既に第１の地絡故障の発生を検知しなかったからである。

[0082] ステップＳ１０９において、ＣＰＵ１６は、第２のＩＰＤ１２で過電流が

検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１１１へ進める。ＣＰＵ１６は、ステップＳ１１１及びステップＳ１１２によって半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に所定時間Ｔ２固定する。ＣＰＵ１６は、所定時間Ｔ２が経過したときに、処理をステップＳ１１３に進めて、第１のＩＰＤ１１で過電流を検出したか否かを判定する。

[0083] ステップＳ１１３において、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されたと判定した場合には（ＹＥＳ）、処理をステップＳ１１４へ進める。ステップＳ１１４において、ＣＰＵ１６は、電気ハーネス４ａにおける第１の天絡故障の発生（図８（ｂ）参照）を検知し、かかる異常態様を異常診断の結果として決定した後、本サブルーチンを終了する。一方、ステップＳ１１３において、ＣＰＵ１６は、第１のＩＰＤ１１で過電流が検出されなかったと判定した場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１１５へ進めて、モータ電力供給線が正常であるものとして異常診断の結果を決定し、本サブルーチンを終了する。

[0084] ＣＰＵ１６は、ステップＳ１１１で駆動モードＭ２に固定して所定時間Ｔ２が経過したとき、敢えて第２のＩＰＤ１２における過電流検出の判定を行わない。これは、ステップＳ１０１で半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定したときに、ステップＳ１０５の実行により既に第２の地絡故障の発生を検知しなかったからである。

[0085] なお、モータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第２例において、駆動モードＭ１に固定するステップＳ１０７～ステップＳ１１０と駆動モードＭ２に固定するステップＳ１１１～ステップＳ１１４の順番を入れ替えることもできる。

[0086] モータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第２例によれば、ＣＰＵ１６は、最初に、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に固定している。したがって、ＣＰＵ１６は、発生頻度

の比較的高い第１の地絡故障及び第２の地絡故障の発生を最初に検知することができる。また、ＣＰＵ１６が第１の地絡故障及び第２の地絡故障の発生を検知しなかった場合でも、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１又は駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定することで、第１の天絡故障及び第２の天絡故障の発生を検知することができる。

[0087]（異常診断の第３例）

図１６は、図１２のステップＳ２で実行するモータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第３例を示す。

[0088] 本サブルーチンにおけるステップＳ２０１～ステップＳ２１２は、それぞれ、図１４のステップＳ１１～ステップＳ２２と同内容であり、ステップＳ２１３～ステップＳ２１８は、それぞれ、図１５のステップＳ１０１～ステップＳ１０６と同内容である。したがって、以下の相違点を除いて、各ステップについての詳細な説明は省略ないし簡潔にする。

[0089] ＣＰＵ１６は、ステップＳ２０１及びステップＳ２０２で半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ１に従ったオン・オフ設定に強制的に所定時間Ｔ１固定する。そして、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２０４において第１の地絡故障の発生を検知し、又は、ステップＳ２０６において第２の天絡故障の発生を検知しても、直ちに当該異常態様を異常診断の結果として決定せずに本サブルーチンを続行する。ＣＰＵ１６は、ＲＡＭ（Random Access Memory）等の記憶手段に、ステップＳ２０４若しくはステップＳ２０６で検知された異常態様に関する検知結果を一時的に記憶する。次に、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に固定して異常診断を行うべく、処理をステップＳ２０７へ進める。なお、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２０５で第２のＩＰＤ１２の過電流を検出しなかた場合（ＮＯ）、第１の地絡故障及び第２の天絡故障の発生を検知しないという検知結果を一時的に記憶して、処理をステップＳ２０７へ進める。

[0090] ＣＰＵ１６は、ステップＳ２０７及びステップＳ２０８で半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ２に従ったオン・オフ設定に強制的に所定時

間Ｔ２固定する。そして、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１０において第１の天絡故障の発生を検知し、又は、ステップＳ２１２において第２の地絡故障の発生を検知しても、直ちに当該異常態様を異常診断の結果として決定せずに本サブルーチンを続行する。ＣＰＵ１６は、ＲＡＭ等の記憶手段にステップＳ２１０若しくはステップＳ２１２で検知された異常態様に関する検知結果を一時的に記憶する。次に、ＣＰＵ１６は、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定して異常診断を行うべく、処理をステップＳ２１３へ進める。なお、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１１で第２のＩＰＤ１２の過電流を検出しなかった場合（ＮＯ）、第１の天絡故障及び第２の地絡故障の発生を検知しないという検知結果を一時的に記憶して処理をステップＳ２１３へ進める。

[0091] ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１３及びステップＳ２１４で半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に所定時間Ｔ３固定する。そして、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１６において第１の地絡故障の発生を検知し、又は、ステップＳ２１８において第２の地絡故障の発生を検知しても、直ちに当該異常態様を異常診断の結果として決定せずに本サブルーチンを続行する。ＣＰＵ１６は、ＲＡＭ等の記憶手段にステップＳ２１６若しくはステップＳ２１８で検知された異常態様に関する検知結果を一時的に記憶して、処理をステップＳ２１９へ進める。なお、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１７で第２のＩＰＤ１２の過電流を検出しなかた場合（ＮＯ）、第１の地絡故障及び第２の地絡故障の発生を検知しないという検知結果を一時的に記憶して処理をステップＳ２１９へ進める。

[0092] ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１９において、本サブルーチンの異常診断によってＲＡＭ等の記憶手段に一時的に記憶された全ての検知結果に基づいて、モータ電力供給線に異常が発生しているか否かを、その異常態様を含めて決定する。ＣＰＵ１６は、ＲＡＭ等の記憶手段に記憶された検知結果がモータ電力供給線の異常態様を示すものでない場合には、モータ電力供給線を正常であるものとして異常診断の結果を決定し、本サブルーチンを終了する。

[0093] ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１９において、ＲＡＭ等の記憶手段に一時的に記憶した検知結果が１種類の異常態様を示すものである場合には、当該異常態様を異常診断の結果として決定して、本サブルーチンを終了する。例えば、ＣＰＵ１６がステップＳ２０４で第１の地絡故障の発生を検知し、ステップＳ２１６でも第１の地絡故障の発生を検知した場合には、ＲＡＭ等の記憶手段には１種類の異常態様を示す検知結果が記憶されていることになる。したがって、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１９において、モータ電力供給線の異常診断の結果として第１の地絡故障を決定する。

[0094] しかし、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２１９において、ＲＡＭ等の記憶手段に一時的に記憶した検知結果が２種類以上の異常態様を示すものである場合には、モータ電力供給線の異常診断の結果を決定しないで、本サブルーチンを終了する。

[0095] 以上、モータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンについて第１例～第３例を説明したが、モータ駆動制御装置１によれば以下のような効果を奏することができる。すなわち、モータ駆動制御装置１のＣＰＵ１６は、過電流を検出した場合、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を、駆動モードＭ１～Ｍ３から適宜選択した少なくとも２つの駆動モードに従ったオン・オフ設定に所定時間ずつ強制的に固定している。このため、モータ電力供給線に異常が発生している場合、半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４のオン・オフ設定によっては、異常態様に応じた短絡電流が連続的に流れる。したがって、ＣＰＵ１６は、所定時間が経過したときに、過電流の検出箇所が第１のＩＰＤ１１又は第２のＩＰＤ１２のいずれであるかを判定することで、モータ電力供給線に異常が発生しているか否かをその異常態様を含めて検知することが容易となる。

[0096] なお、前述のモータ電力供給線の異常診断に関するサブルーチンの第３例では、ステップＳ２１９において、以下のようにしていた。すなわち、ＣＰＵ１６は、ＲＡＭ等の記憶手段に一時的に記憶した検知結果が２種類以上の異常態様を示すものである場合には、モータ電力供給線の異常診断の結果を

決定することなく、本サブルーチンを終了した。この場合、図１２のメインルーチンにおけるステップＳ３からステップＳ１に戻って、モータ３の駆動制御処理を再開することになる。しかし、モータ電力供給線の異常診断で２種類以上の異常態様の発生が検知されているので、正常と決定されたときと同様に、モータ３の駆動制御処理を直ちに再開するのは好ましくない。そこで、ステップＳ２１９において、モータ電力供給線の異常態様を決定できない場合には、モータ３の駆動制御処理を行わずに再度異常診断を行って診断結果を決定すべく、以下のように、診断関連処理のメインルーチン（図１２参照）を変形してもよい。

[0097] 図１７は、診断関連処理のメインルーチン（図１２参照）を変形した変形例を示す。かかる変形例では、図１２に対し以下のステップＳ５及びステップＳ６を追加している。なお、図１２と同じ符号のステップ（ステップＳ１～Ｓ４）については、説明を省略ないし簡潔にする。

[0098] ステップＳ３において、ＣＰＵ１６は、モータ電力供給線の異常態様を決定していない場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ５へ進める。ステップＳ５において、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２の異常診断の結果としてモータ電力供給線の正常を決定した場合には（ＹＥＳ）、モータ３の駆動制御処理を再開して、処理をステップＳ１へ戻す。一方、ステップＳ５において、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２の異常診断の結果としてモータ電力供給線の正常を決定していない場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ６へ進める。

[0099] ステップＳ６では、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２で異常診断を行ってから再び異常診断を行うまでの時間として予め設定された時間、すなわち再診断待機時間が経過したか否かを判定する。そして、ＣＰＵ１６は、再診断待機時間が経過したと判定した場合には（ＹＥＳ）、再度異常診断を行うべく、処理をステップＳ２へ進める。一方、ＣＰＵ１６は、再診断待機時間が経過していないと判定した場合には（ＮＯ）、再度ステップＳ６を実行する。

[0100] なお、ステップＳ２の異常診断を連続して複数回行ってもモータ電力供給線の異常態様を決定できなかった場合には、ＣＰＵ１６は、モータ３の駆動

制御処理を再開して、処理をステップＳ５から直ちにステップＳ１へ戻るようにしてもよい。

[0101] 前述の実施形態において、図１２又は図１７におけるステップＳ２のモータ電力供給線の異常診断は、ステップＳ１でモータ３の駆動中に第１のＩＰＤ１１又は第２のＩＰＤ１２において過電流が検出されたときに実行されるものとして説明した。しかし、モータ電力供給線の異常診断は、過電流が検出されるタイミングに限らず、次のタイミングで行ってもよい。

[0102] 例えば、ＣＰＵ１６は、図１２又は図１７のステップＳ１に代えて、図１８のステップＳ１ａを実行することで、モータ３の駆動制御処理を行っている際に、フィードバック異常が発生しているか否かを判定することができる。そして、ステップＳ１ａにおいて、ＣＰＵ１６は、フィードバック異常が発生していると判定した場合に（ＹＥＳ）、モータ３の駆動制御処理を中断するとともに、処理をステップＳ２へ進めてモータ電力供給線の異常診断を行うことができる。フィードバック異常であるか否かは、例えば、目標ＶＴＣ角度と実際のＶＴＣ角度とが所定量乖離した状態が一定時間持続しているか否かに基づいて診断できる。一方、ＣＰＵ１６は、ステップＳ１ａにおいてフィードバック異常が発生していないと判定した場合には（ＮＯ）、再度ステップＳ１ａを実行する。

[0103] また、ＣＰＵ１６は、例えば図１９に示すように、モータ３の駆動制御処理を開始する前にモータ電力供給線の異常診断を行うことができる。図１９は、図１７のフローチャートにおいて、過電流検出の判定を行うステップＳ１を削除し、モータ３の駆動制御処理を開始するステップＳ７を追加したものである。すなわち、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２の異常診断の結果としてモータ電力供給線の正常を既に決定している場合には、処理をステップＳ５からステップＳ７へ進めて（ＹＥＳ）、モータ３の駆動制御処理を開始する。一方、ＣＰＵ１６は、ステップＳ２の異常診断の結果としてモータ電力供給線の正常を決定していない場合には、処理をステップＳ５からステップＳ６へ進めて（ＮＯ）、再診断待機時間が経過したか否かを判定する。ＣＰＵ

１６は、ステップＳ６において再診断待機時間が経過したと判定した場合には（ＹＥＳ）、ステップＳ２へ戻って再度異常診断を行う。

[0104] 異常診断の第２例では、図１５に示すように、ステップＳ１０７で駆動モードＭ１に固定したときに第１のＩＰＤ１１における過電流検出の判定を行わず、ステップＳ１１１で駆動モードＭ２に固定したときに第２のＩＰＤ１２における過電流検出の判定を行わないものとした。しかし、異常診断の精度を向上すべく、図２０に示すように、図１５のフローチャートに対して、第１のＩＰＤ１１における過電流検出の判定を行うステップＳ１０９ａ及び第２のＩＰＤ１２における過電流検出の判定を行うステップＳ１１３ａを追加してもよい。

[0105] ＣＰＵ１６は、ステップＳ１０９ａによって第１のＩＰＤ１１における過電流を検出した場合（ＹＥＳ）、第１の地絡故障の発生（図４（ａ）参照）を検知する。しかし、ステップＳ１０１では半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定しても、ステップＳ１０３の実行では第１の地絡故障の発生を検知していない。このため、検知結果に齟齬が生じていることになるので、ＣＰＵ１６は、ステップＳ１０９ａによって第１のＩＰＤ１１における過電流を検出した場合には、異常態様を決定することなく、異常診断サブルーチンを終了する。一方、ＣＰＵ１６は、ステップＳ１０９ａによって第１のＩＰＤ１１における過電流を検出しなかった場合（ＮＯ）、処理をステップＳ１１１へ進める。

[0106] また、ＣＰＵ１６は、ステップＳ１１３ａによって第２のＩＰＤ１２における過電流を検出した場合（ＹＥＳ）、第２の地絡故障の発生（図６（ｂ）参照）を検知する。しかし、ステップＳ１０１では半導体スイッチＳＷ１～ＳＷ４を駆動モードＭ３に従ったオン・オフ設定に強制的に固定しても、ステップＳ１０５の実行では第２の地絡故障の発生を検知していない。このため、検知結果に齟齬が生じていることになるので、ＣＰＵ１６は、ステップＳ１１３ａによって第２のＩＰＤ１２における過電流を検出した場合には、異常を決定することなく、異常診断サブルーチンを終了する。一方、ＣＰＵ

１６は、ステップＳ１１３ａによって第２のＩＰＤ１２における過電流を検出しなかった場合には（ＮＯ）、処理をステップＳ１１５へ進めて、モータ電力供給線が正常であるものとして異常診断の結果を決定し、異常診断サブルーチンを終了する。

符号の説明

[0107] １…モータ駆動制御装置、３…モータ、４ａ，４ｂ…電気ハーネス、１１…第１のＩＰＤ、１１ａ…信号制御部，１１ｂ…過電流監視部、１２…第２のＩＰＤ、１２ａ…信号制御部、１２ｂ…過電流監視部、１６…ＣＰＵ、ＳＷ１～ＳＷ４…半導体スイッチ、ＰＷＭ１…パルス幅変調信号、ＰＷＭ２…パルス幅変調信号、ＩＳ１…過電流検出信号、ＩＳ２…過電流検出信号、Ｍ１～Ｍ３…駆動モード、Ｔ１～Ｔ３…所定時間

請求の範囲

[請求項1] モータに供給する電力を調整する複数の半導体スイッチを備えた駆動部と、

前記複数の半導体スイッチのオン・オフ状態を制御する制御信号を前記駆動部に出力する制御部と、

前記駆動部における過電流を複数箇所で監視する過電流監視部と、を備え、

前記制御部は、所定のタイミングで、前記複数の半導体スイッチを少なくとも２つの異なるオン・オフ設定に所定時間ずつ強制的に固定する制御信号を前記駆動部に出力し、前記所定時間が経過するたびに、前記駆動部における過電流の検出箇所に基づいて、前記駆動部から前記モータまでのモータ電力供給線において地絡又は天絡による異常が発生しているか否かを検知する異常検知を行う、モータ駆動制御装置。

[請求項2] 前記少なくとも２つの異なるオン・オフ設定は、最初に固定される第１のオン・オフ設定、及び、最後に固定される第２のオン・オフ設定の２つからなり、

前記第１のオン・オフ設定は、前記モータを一方向に回転させるときの駆動モードに対応した、前記複数の半導体スイッチのオン・オフ設定であり、前記第２のオン・オフ設定は、前記モータを前記一方向と逆方向に回転させるときの駆動モードに対応した、前記複数の半導体スイッチのオン・オフ設定である、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項3] 前記所定のタイミングは、前記モータの駆動中に、前記過電流監視部で過電流が検出されたときである、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項4] 前記少なくとも２つの異なるオン・オフ設定のうち最初に固定されるオン・オフ設定は、前記過電流監視部で過電流が検出されたときの

駆動モードに従ったオン・オフ設定である、請求項３に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項5] 前記少なくとも２つの異なるオン・オフ設定のうち最初に固定されるオン・オフ設定は、前記モータで発生する逆起電流を還流させるときの駆動モードに従ったオン・オフ設定である、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項6] 前記少なくとも２つの異なるオン・オフ設定は、前記モータを駆動させるときの全ての駆動モードのそれぞれに従った３つのオン・オフ設定からなり、

前記制御部は、前記３つのオン・オフ設定をそれぞれ固定して異常を検知したときの全ての検知結果に基づいて、前記モータ電力供給線における地絡又は天絡による異常を決定する、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項7] 前記制御部は、前記モータ電力供給線の状態を異常又は正常のいずれにも決定しなかった場合には、再度、前記異常検知を行う、請求項５に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項8] 前記制御部は、前記所定時間が経過したときに、前記異常の発生を検知した場合には、直ちに前記異常を決定してフェールセーフ動作を行う、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記異常を決定した場合にフェールセーフ動作を行う、請求項６に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項10] 前記フェールセーフ動作は、前記モータの動作を停止することである、請求項８に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項11] 前記フェールセーフ動作は、前記異常の態様に応じて回転可能な方向にのみ前記モータを回転させることである、請求項８に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記モータの駆動対象の制御量について異常時におけるフェールセーフ動作用として予め設定された目標値と実際の制御

量との偏差に応じた制御信号を前記駆動部に出力する、請求項１１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項13] 前記制御部は、さらに異常が発生した場合には、前記モータの動作を停止する、請求項１１に記載のモータ駆動制御装置。

[請求項14] 前記所定時間は、前記モータによる駆動対象が動作を開始する時間よりも短い時間である、請求項１に記載のモータ駆動制御装置。

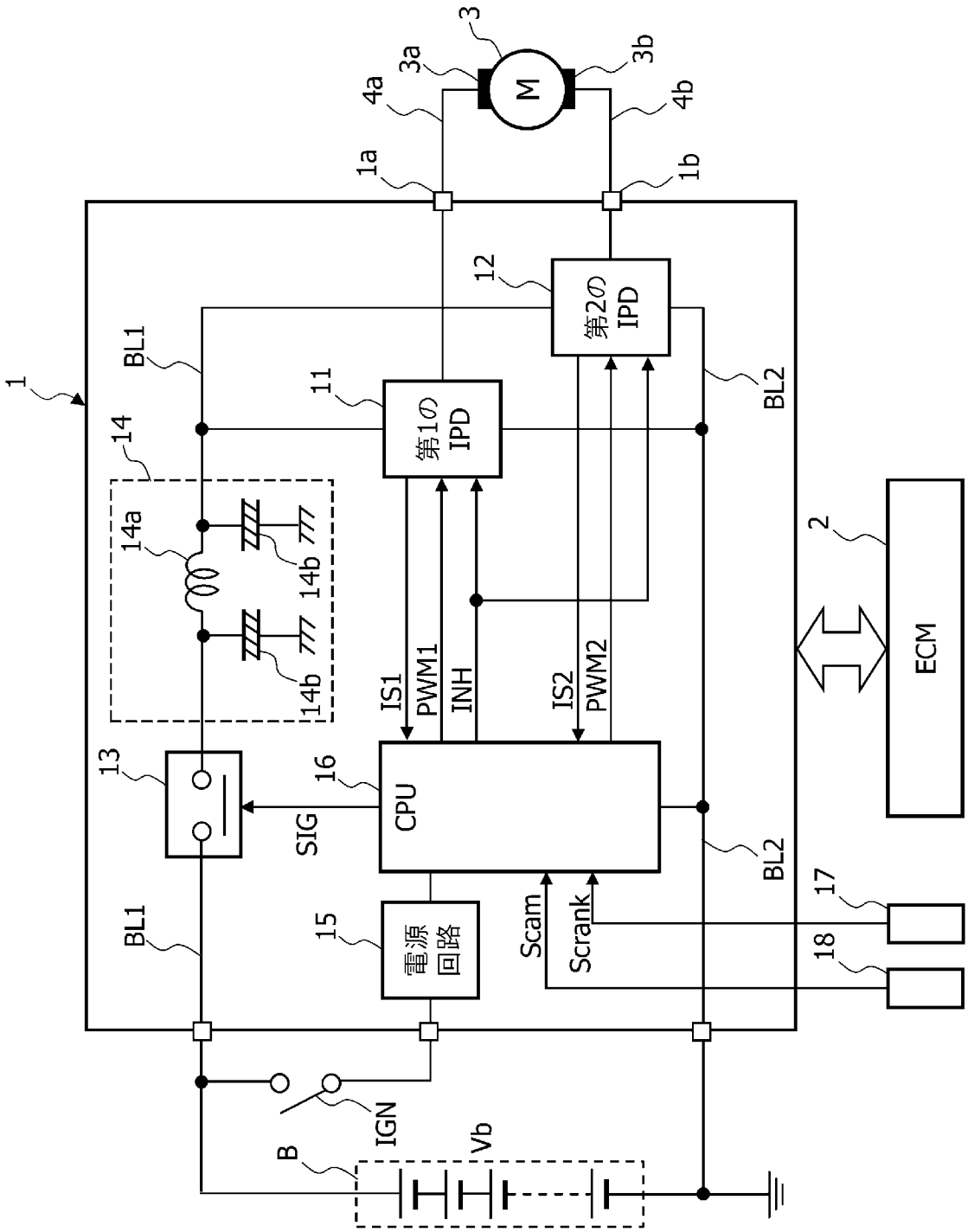
[請求項15] モータに供給する電力を調整する複数の半導体スイッチを備えた駆動部から前記モータまでのモータ電力供給線の異常検知方法であって、

所定のタイミングで、前記複数の半導体スイッチを少なくとも２つの異なるオン・オフ設定に所定時間ずつ強制的に固定する制御信号を前記駆動部に出力し、

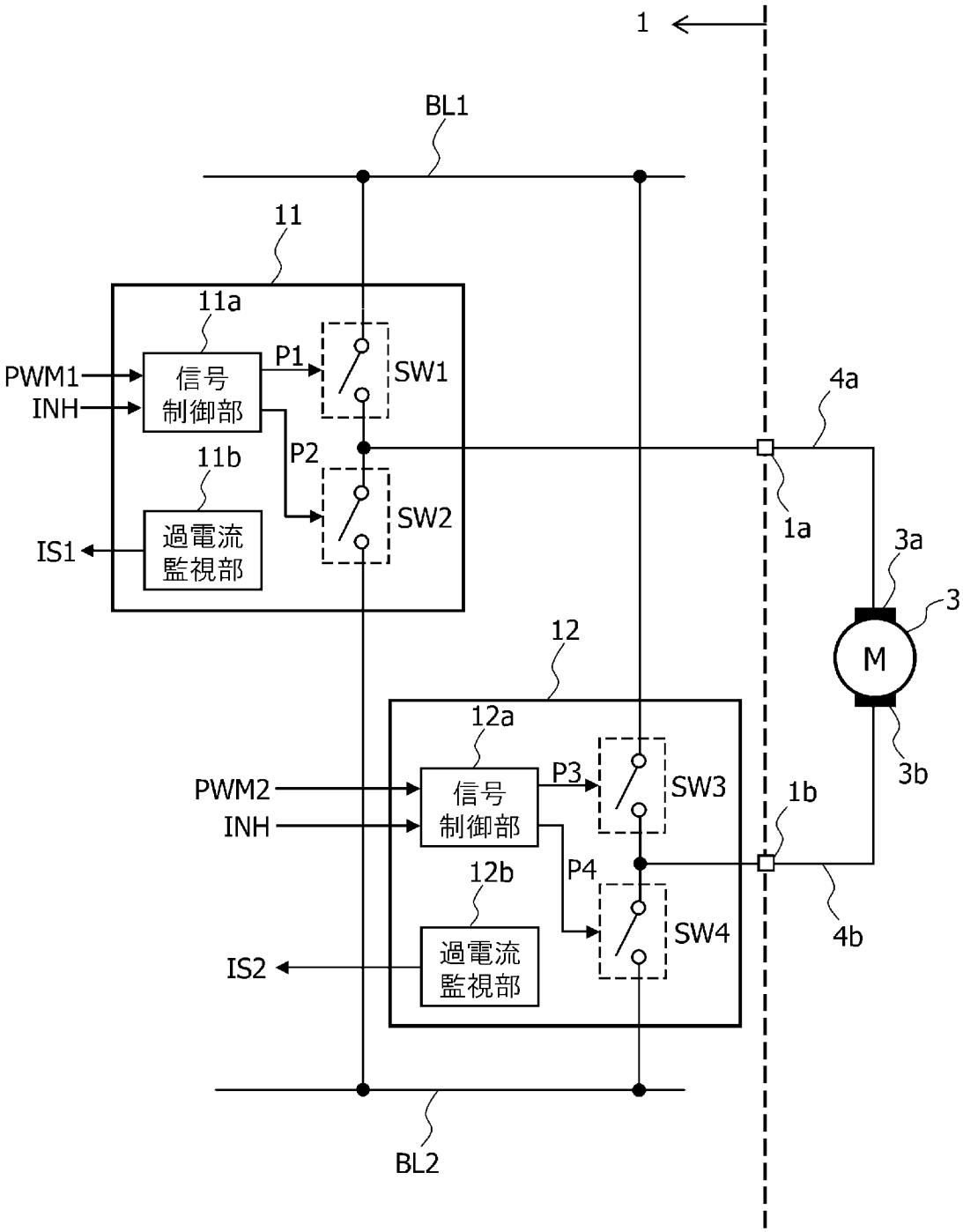
前記駆動部における過電流を複数箇所で監視し、

前記所定時間が経過するたびに、前記駆動部における過電流の検出箇所に基づいて、前記モータ電力供給線において地絡又は天絡による異常が発生しているか否かを検知する、モータ電力供給線の異常検知方法。

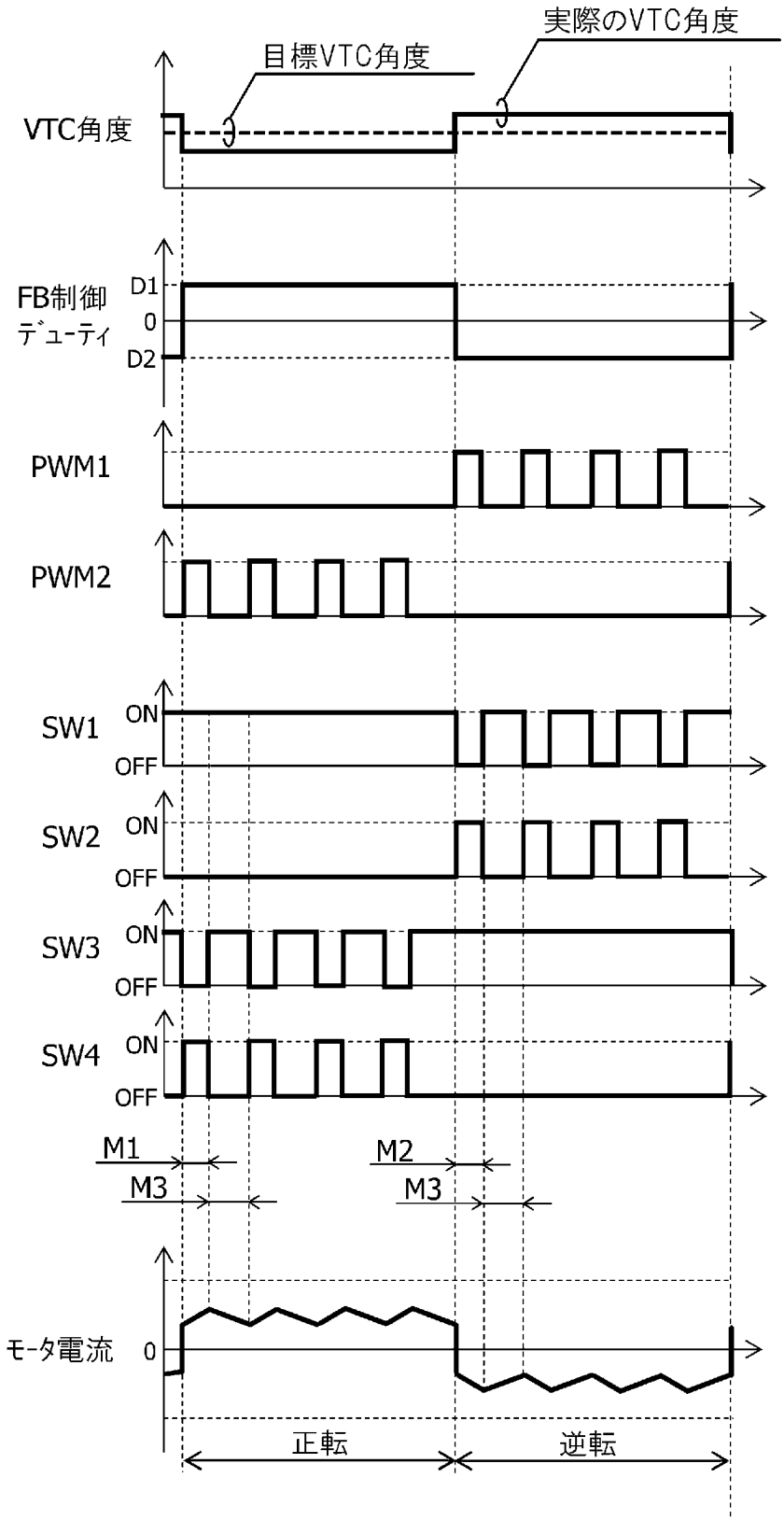
[図1]


1
2
3
3a
3b
4a
4b
M
1a
1b
12
第2の IPD
BL1
BL2
11
第1の IPD
14
14a
14b
14b
IS1
PWM1
INH
IS2
PWM2
ECM
13
16
CPU
SIG
BL2
17
BL1
15
電源 回路
Scam
Scrank
18
IGN
B
Vb

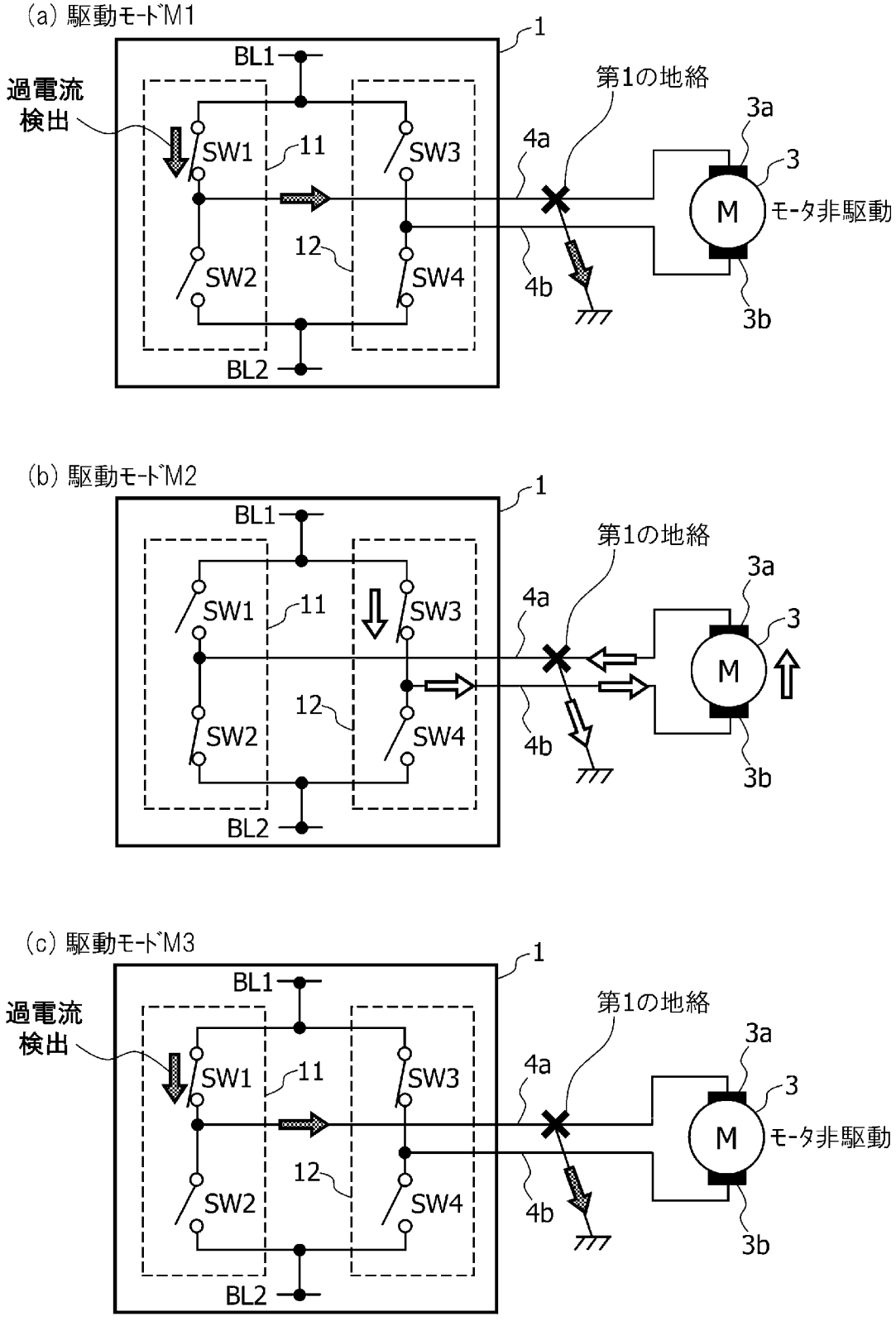
[図2]


1
BL1
11
11a
PWM1
INH
信号
制御部
P1
SW1
P2
11b
IS1
過電流
監視部
SW2
4a
1a
3a
3
M
3b
12
12a
PWM2
INH
信号
制御部
P3
SW3
1b
12b
P4
IS2
過電流
監視部
SW4
4b
BL2

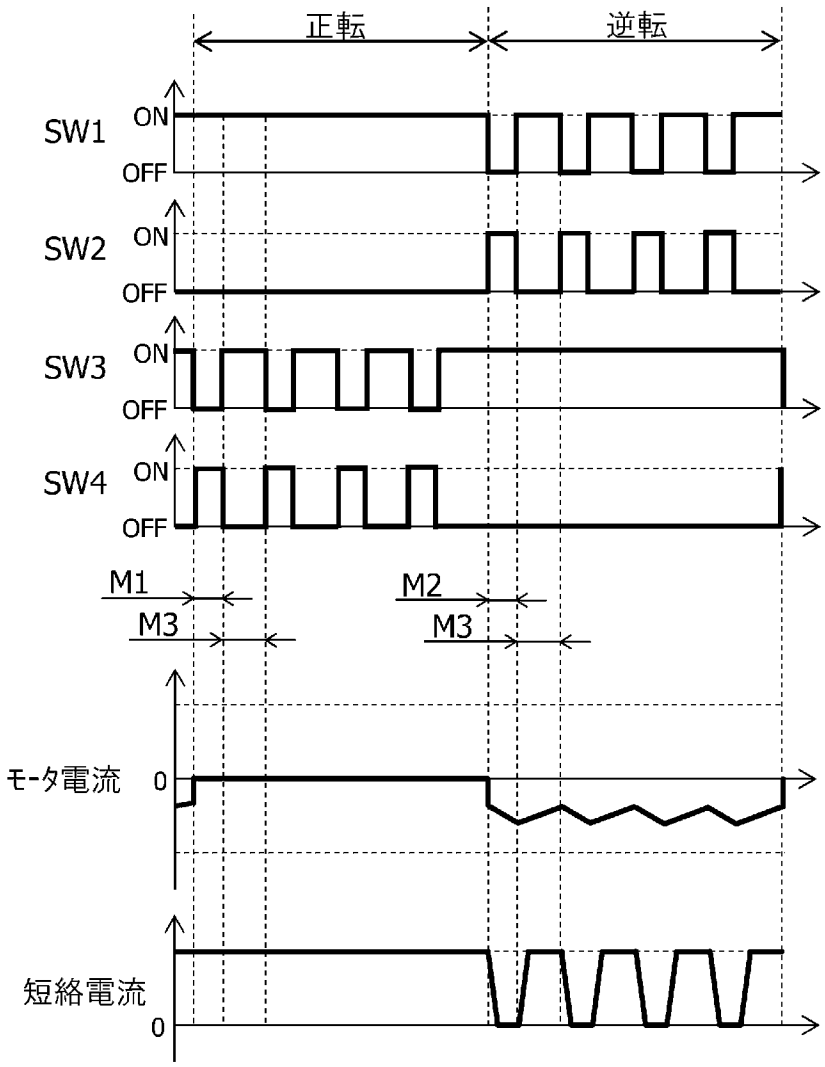
[図3]


実際のVTC角度
目標VTC角度
VTC角度
FB制御
ﾃﾞｭｰﾃｨ
D1
0
D2
PWM1
PWM2
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M1
M3
M2
M3
モータ電流
0
正転
逆転

[図4]

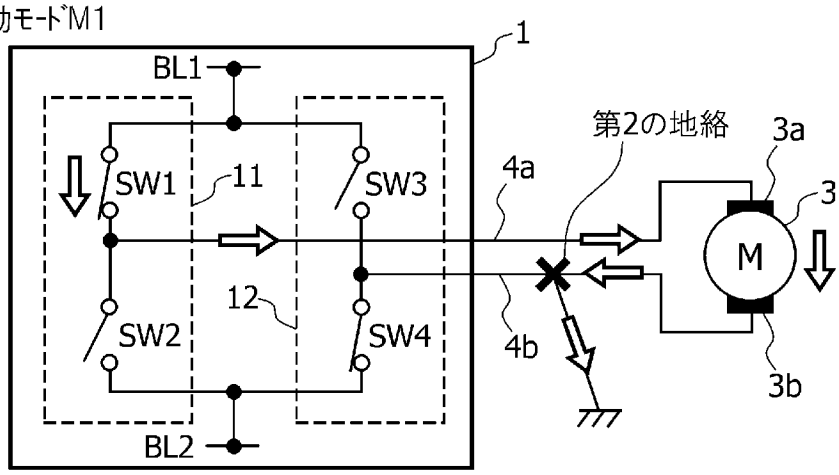

(a) 駆動モードM1
1
BL1
過電流
検出
SW1
11
SW3
第1の地絡
4a
3a
3
M
モータ非駆動
12
SW2
SW4
4b
3b
BL2
(b) 駆動モードM2
1
BL1
第1の地絡
SW1
11
SW3
4a
3a
3
M
12
SW2
SW4
4b
3b
BL2
(c) 駆動モードM3
1
BL1
過電流
検出
第1の地絡
SW1
11
SW3
4a
3a
3
M
モータ非駆動
12
SW2
SW4
4b
3b
BL2

[図5]

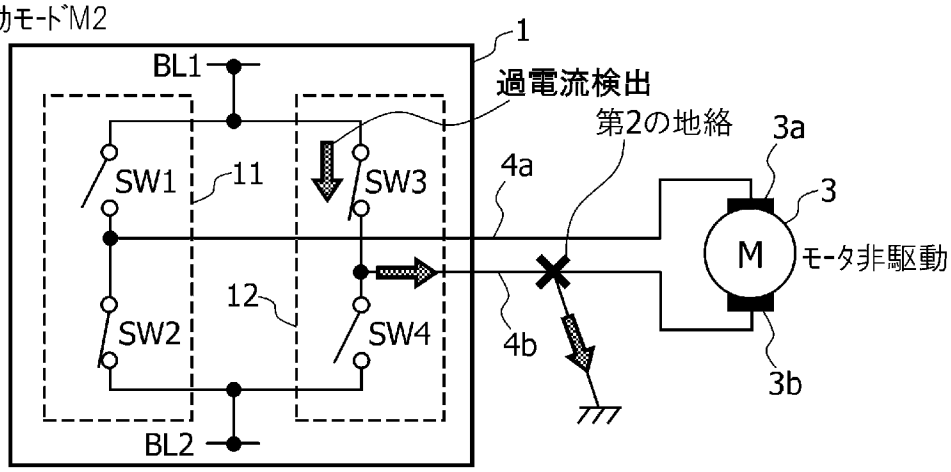

正転
逆転
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M1
M3
M2
M3
モータ電流
0
短絡電流
0

[図6]

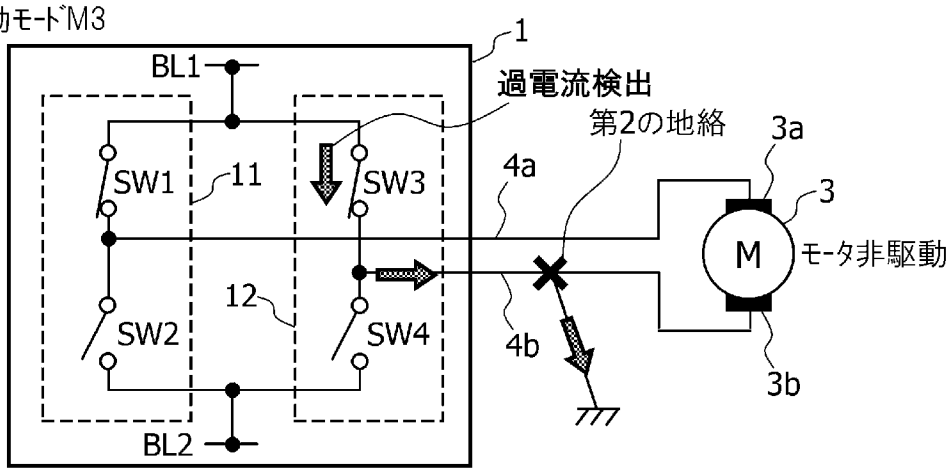
(a) 駆動ﾓｰﾄﾞM1



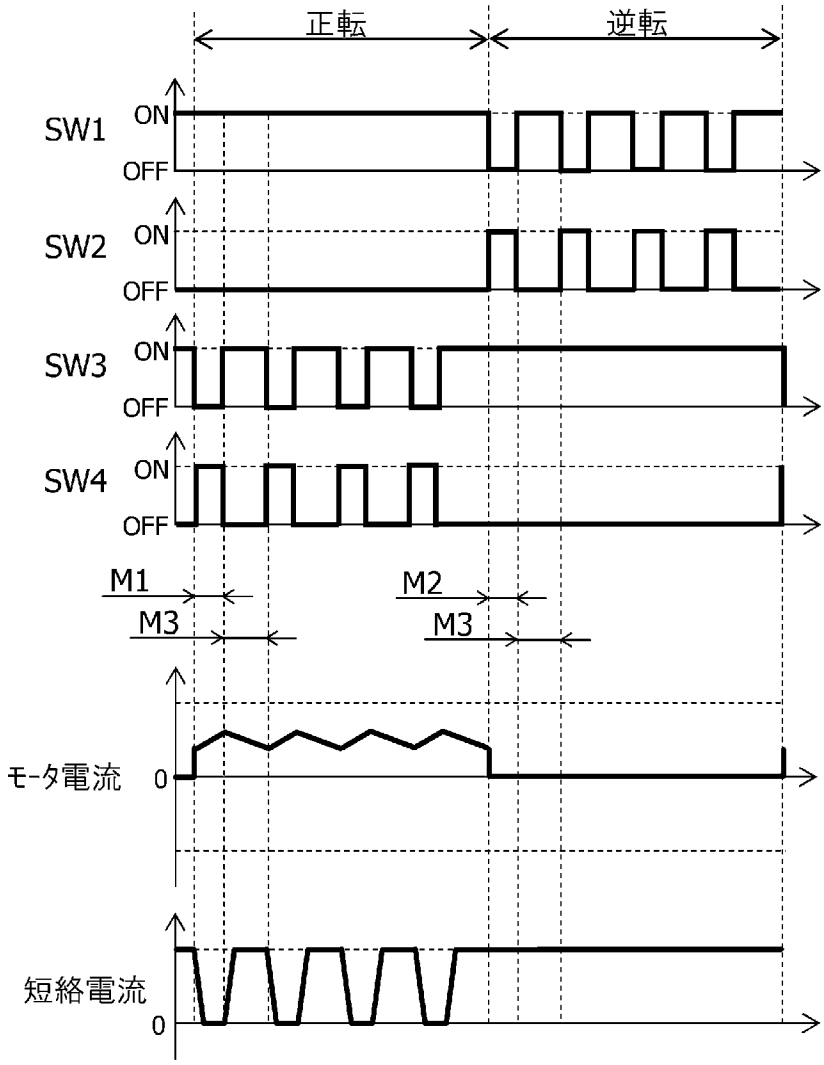
(b) 駆動ﾓｰﾄﾞM2



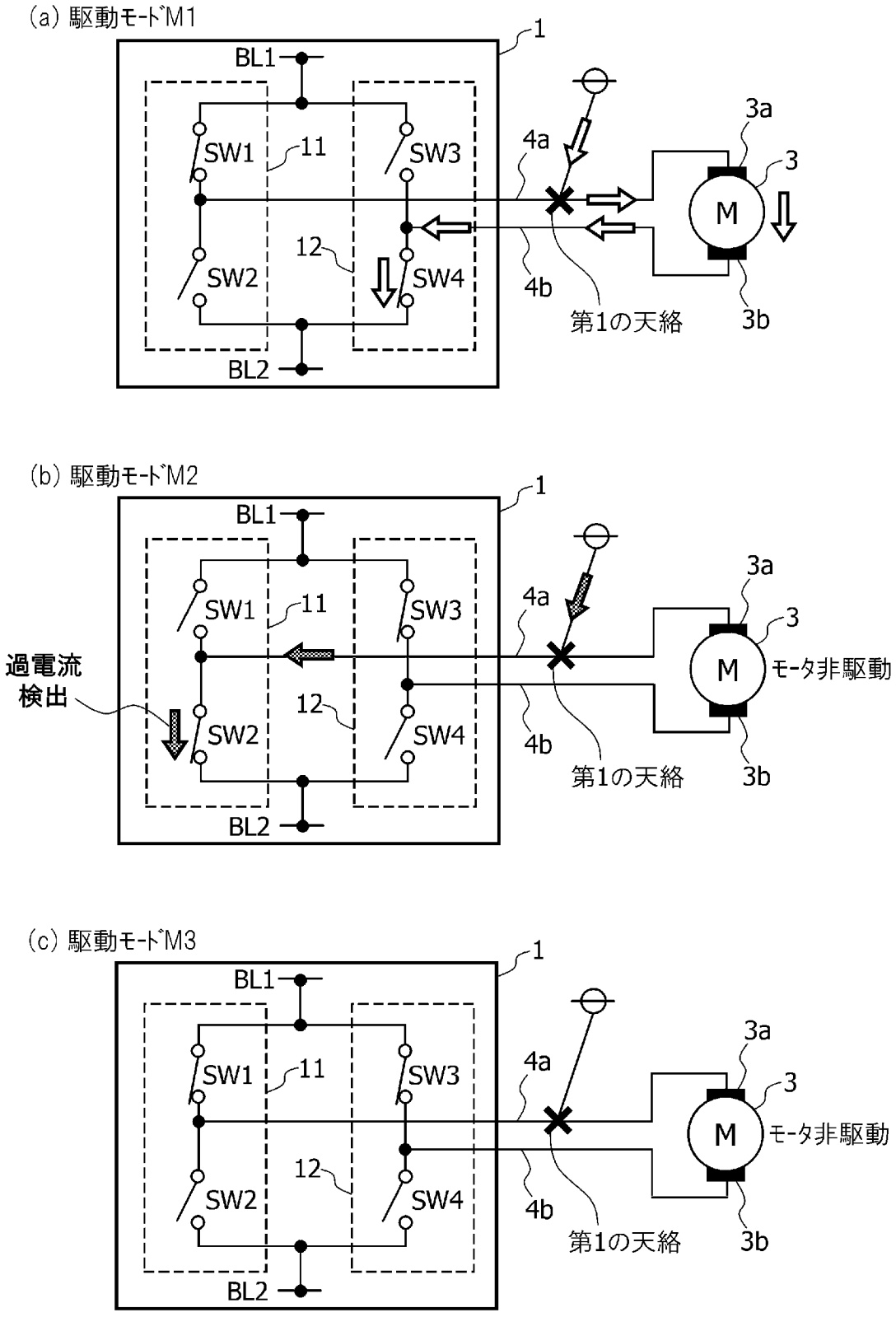
(c) 駆動ﾓｰﾄﾞM3



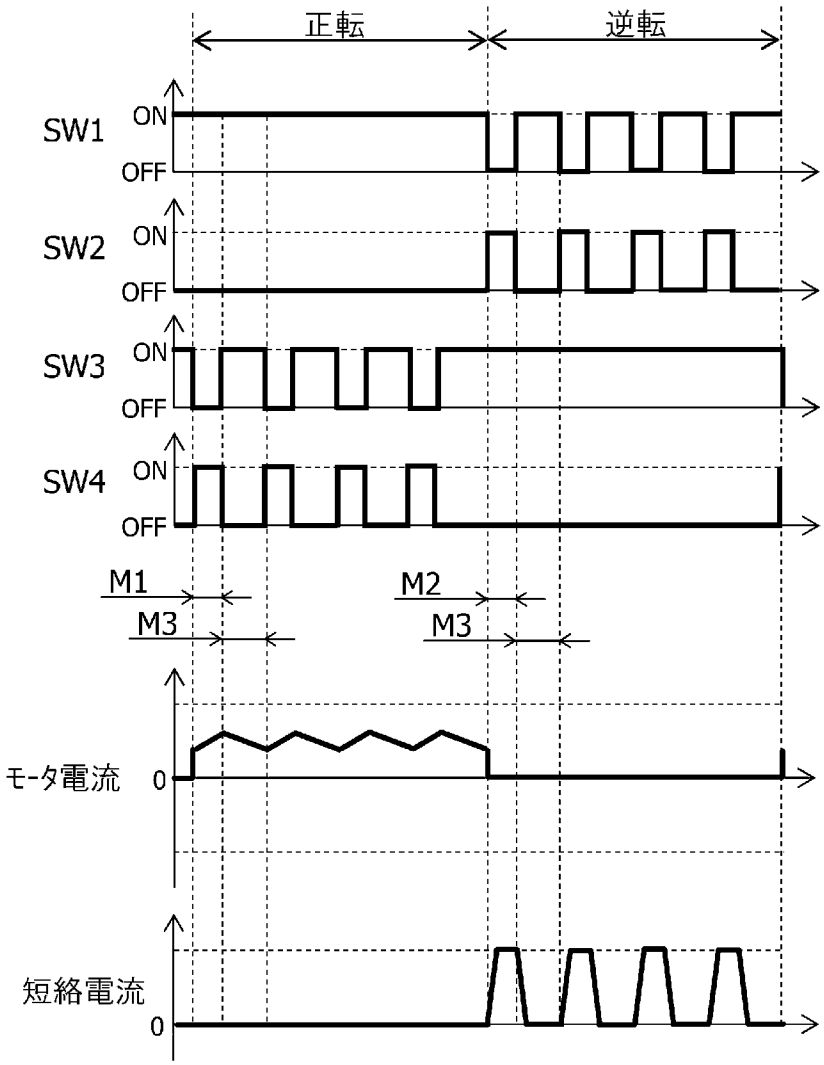
[図7]


正転
逆転
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M1
M3
M2
M3
モータ電流
0
短絡電流
0

[図8]

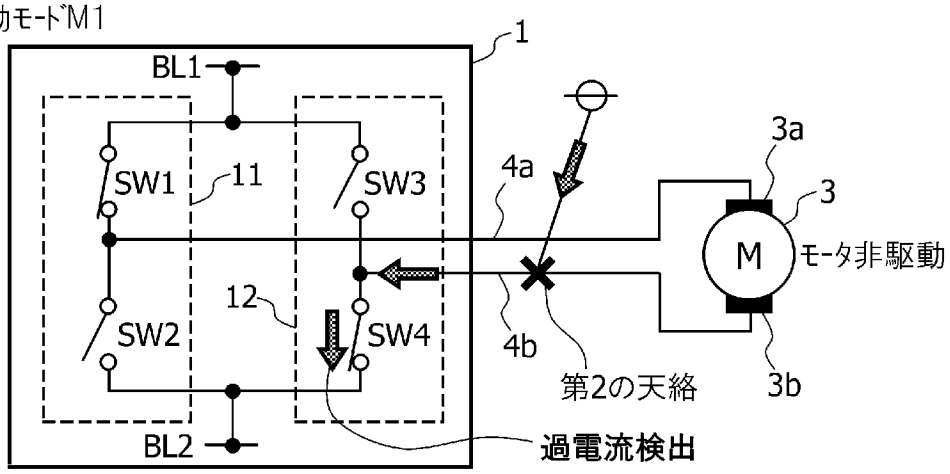

(a) 駆動モードM1
BL1
SW1
11
SW3
SW2
12
SW4
BL2
1
4a
4b
3a
3
M
3b
第1の天絡
(b) 駆動モードM2
過電流
検出
モータ非駆動
(c) 駆動モードM3

[図9]

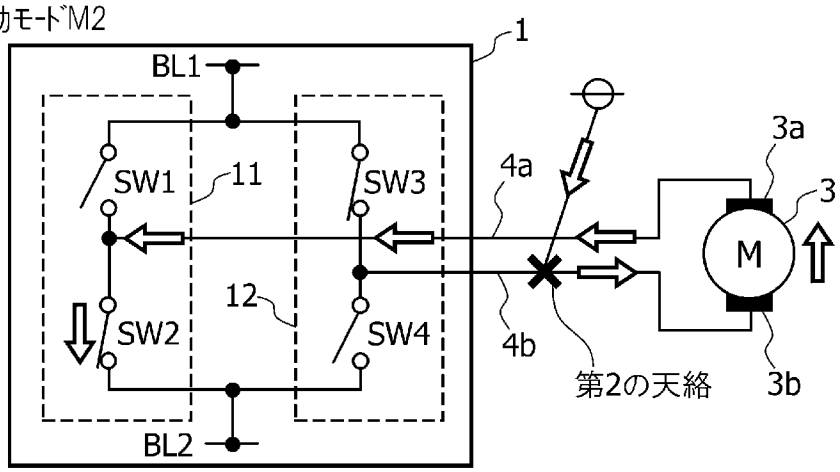

正転
逆転
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M1
M3
M2
M3
モータ電流
0
短絡電流
0

[図10]

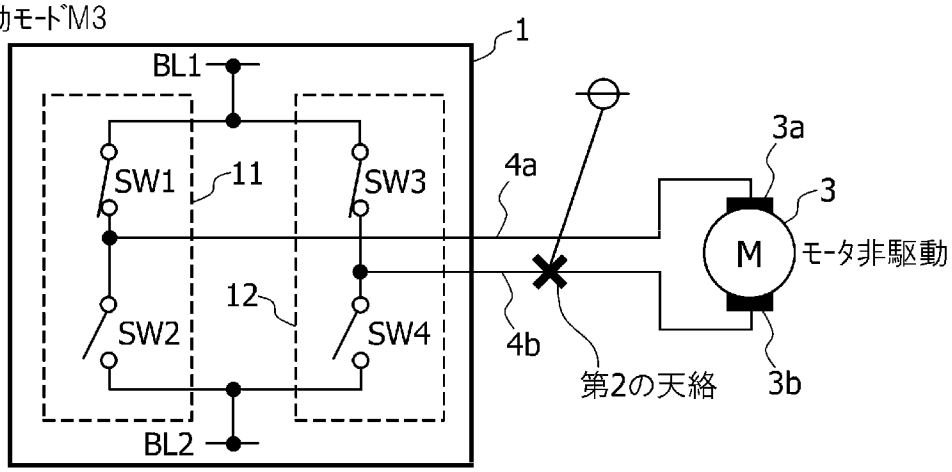
(a) 駆動モードM1



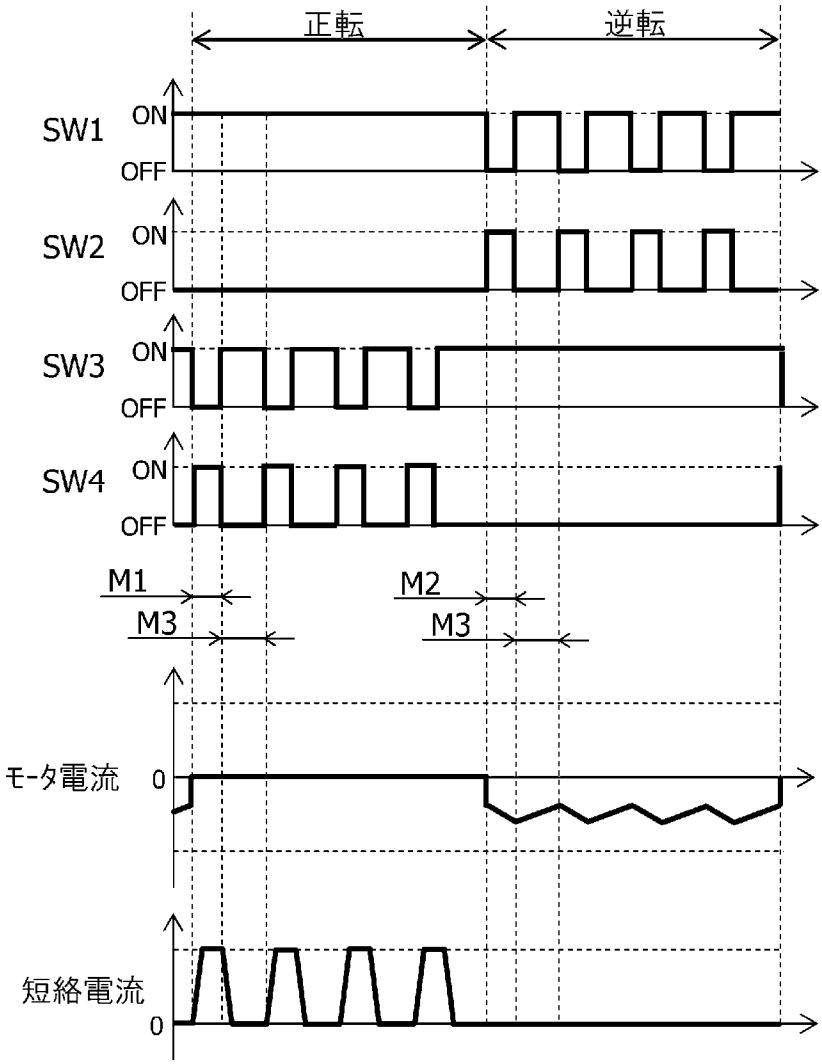
(b) 駆動モードM2



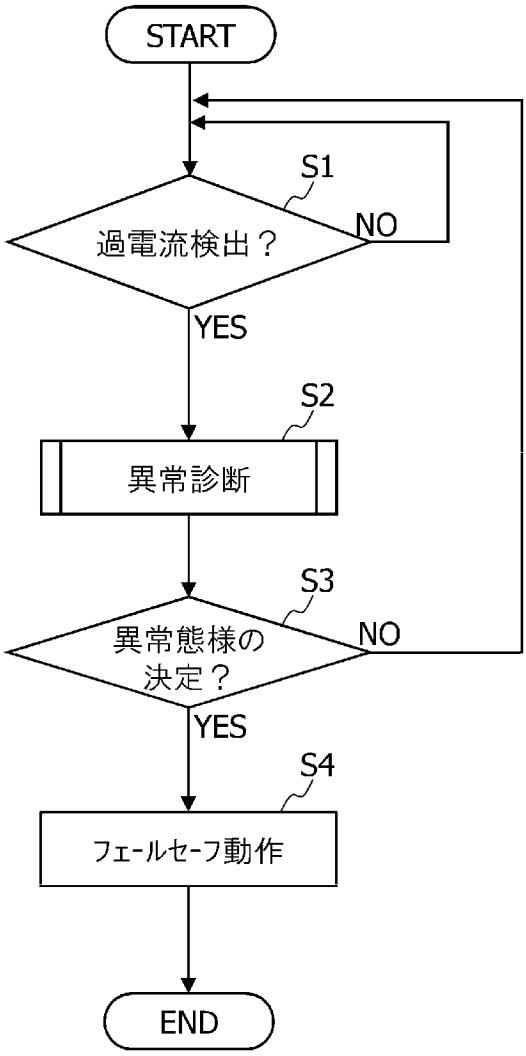
(c) 駆動モードM3



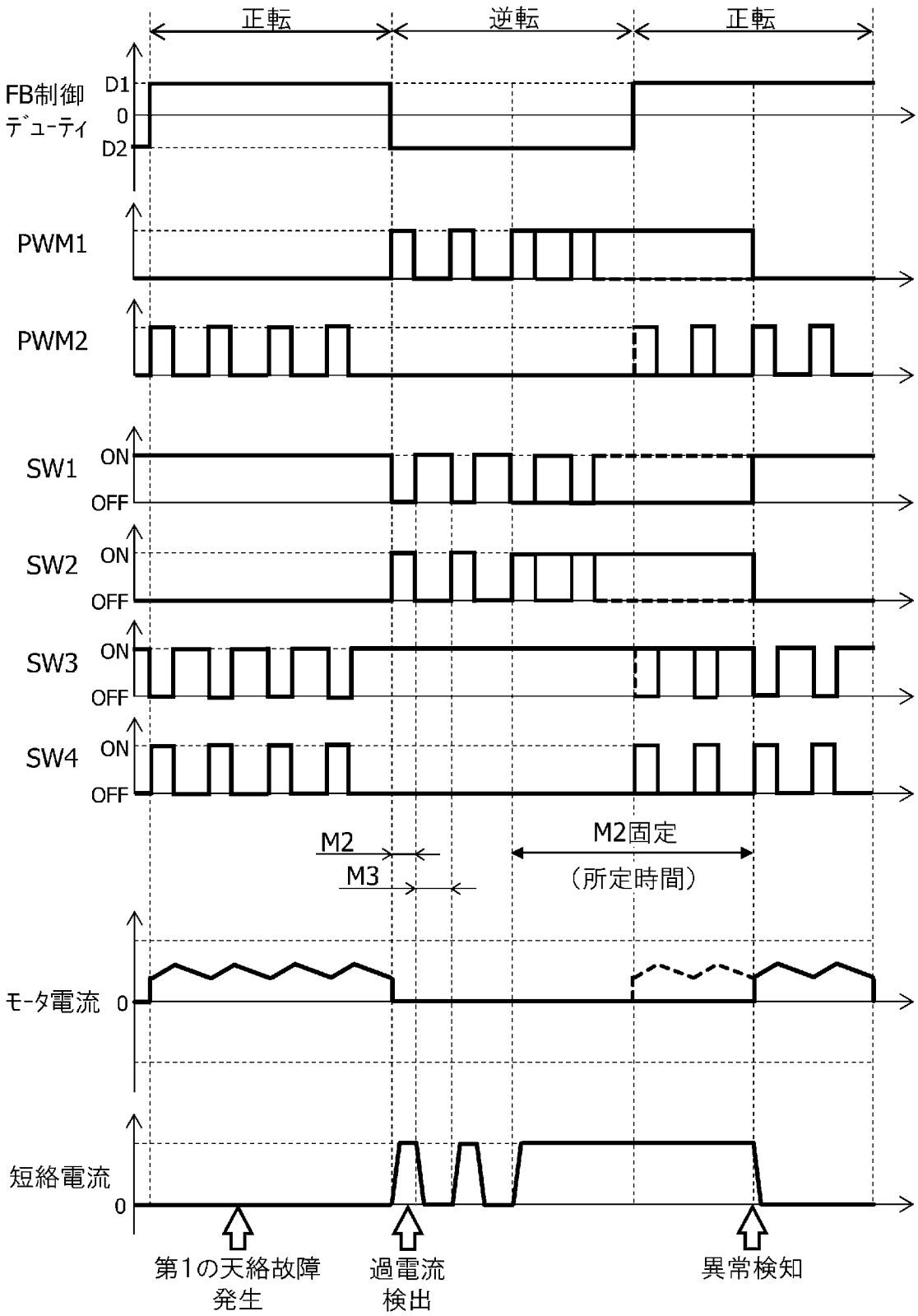
[図11]


正転
逆転
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M1
M3
M2
M3
モータ電流
0
短絡電流
0

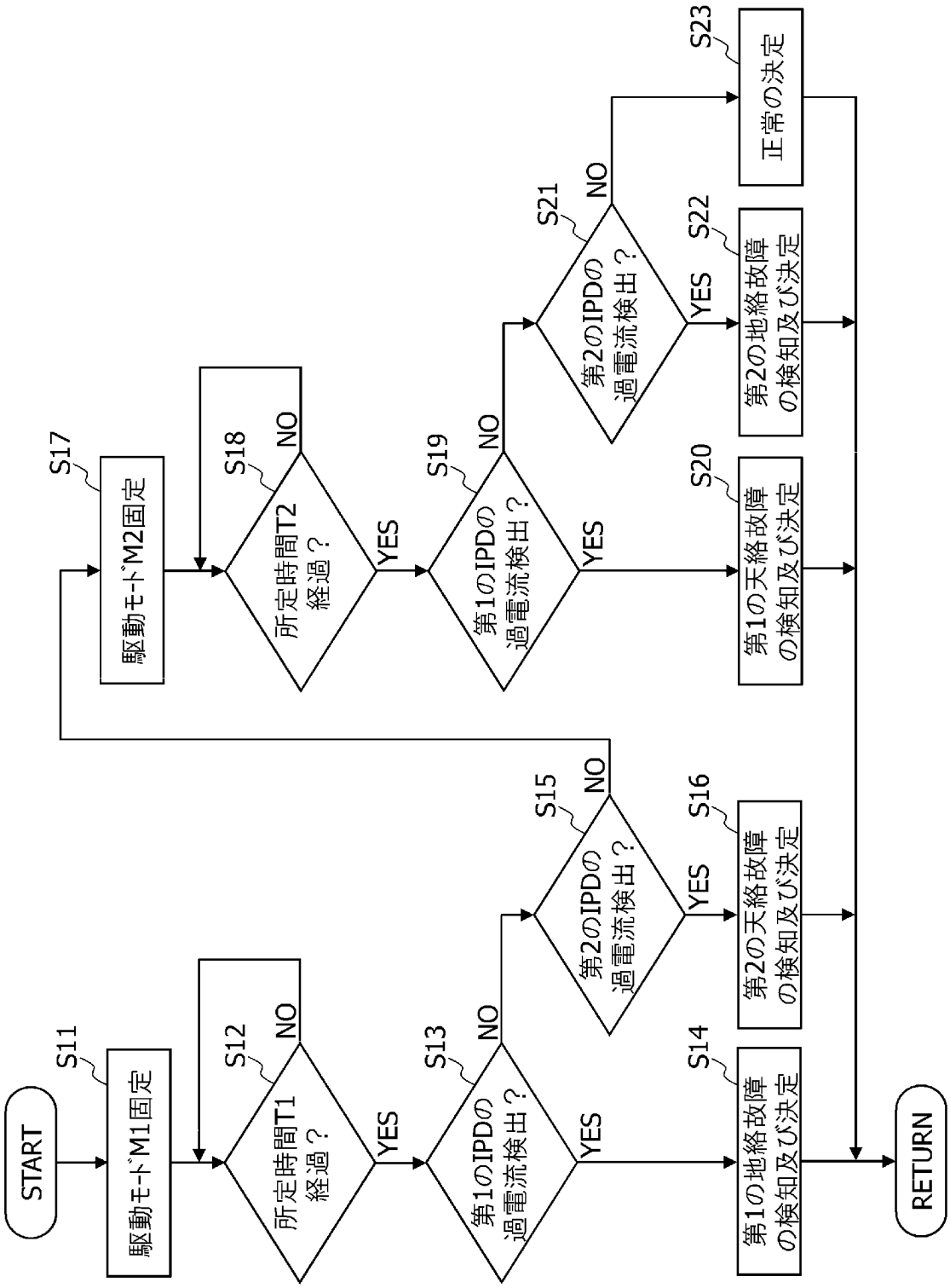
[図12]


START
S1
過電流検出？
NO
YES
S2
異常診断
S3
異常態様の
決定？
NO
YES
S4
フェールセーフ動作
END

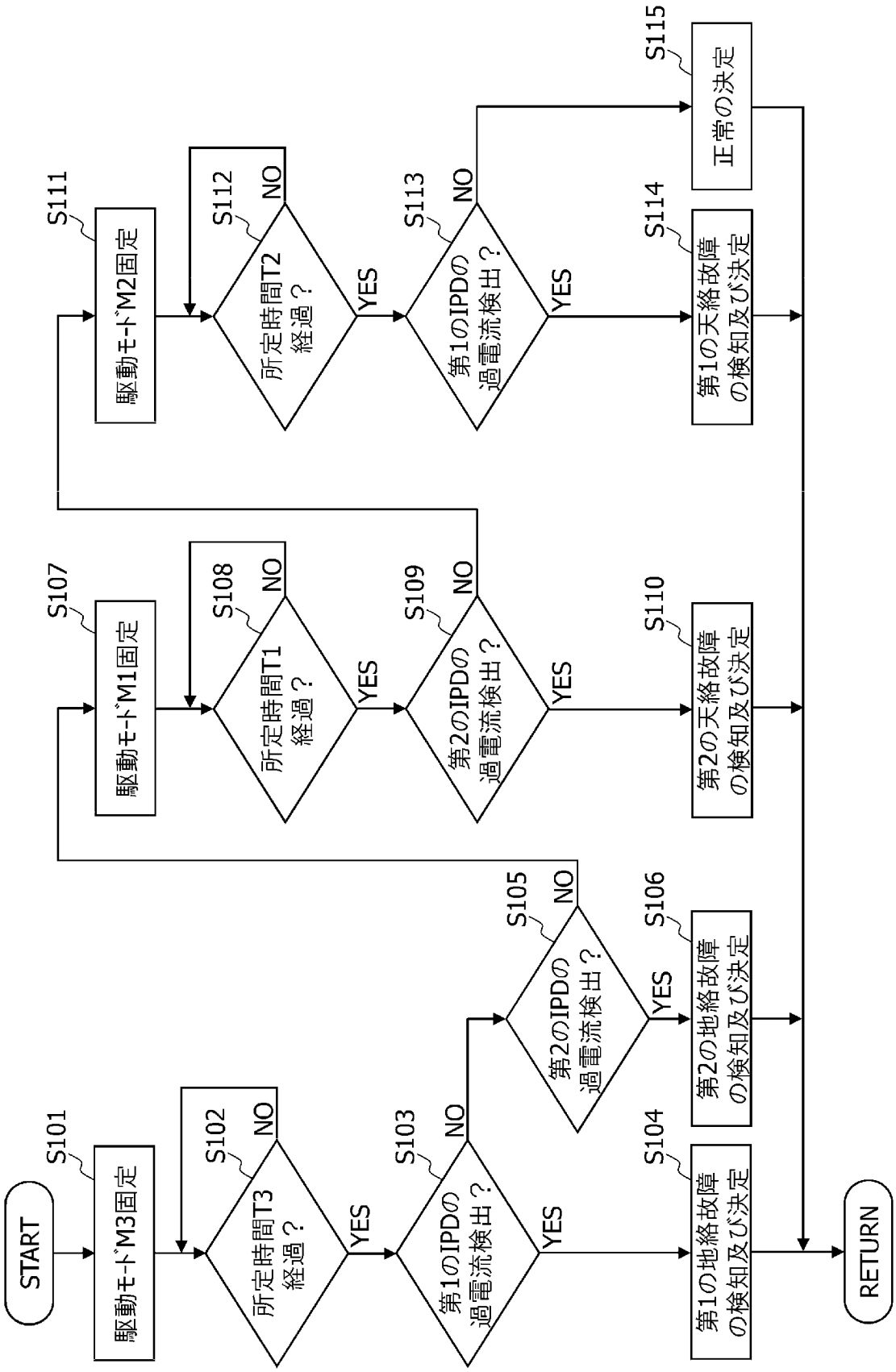
[図13]


正転
逆転
正転
FB制御
ﾃﾞｭｰﾃｨ
D1
0
D2
PWM1
PWM2
SW1
ON
OFF
SW2
ON
OFF
SW3
ON
OFF
SW4
ON
OFF
M2
M3
M2固定
（所定時間）
ﾓｰﾀ電流
0
短絡電流
0
第1の天絡故障
発生
過電流
検出
異常検知

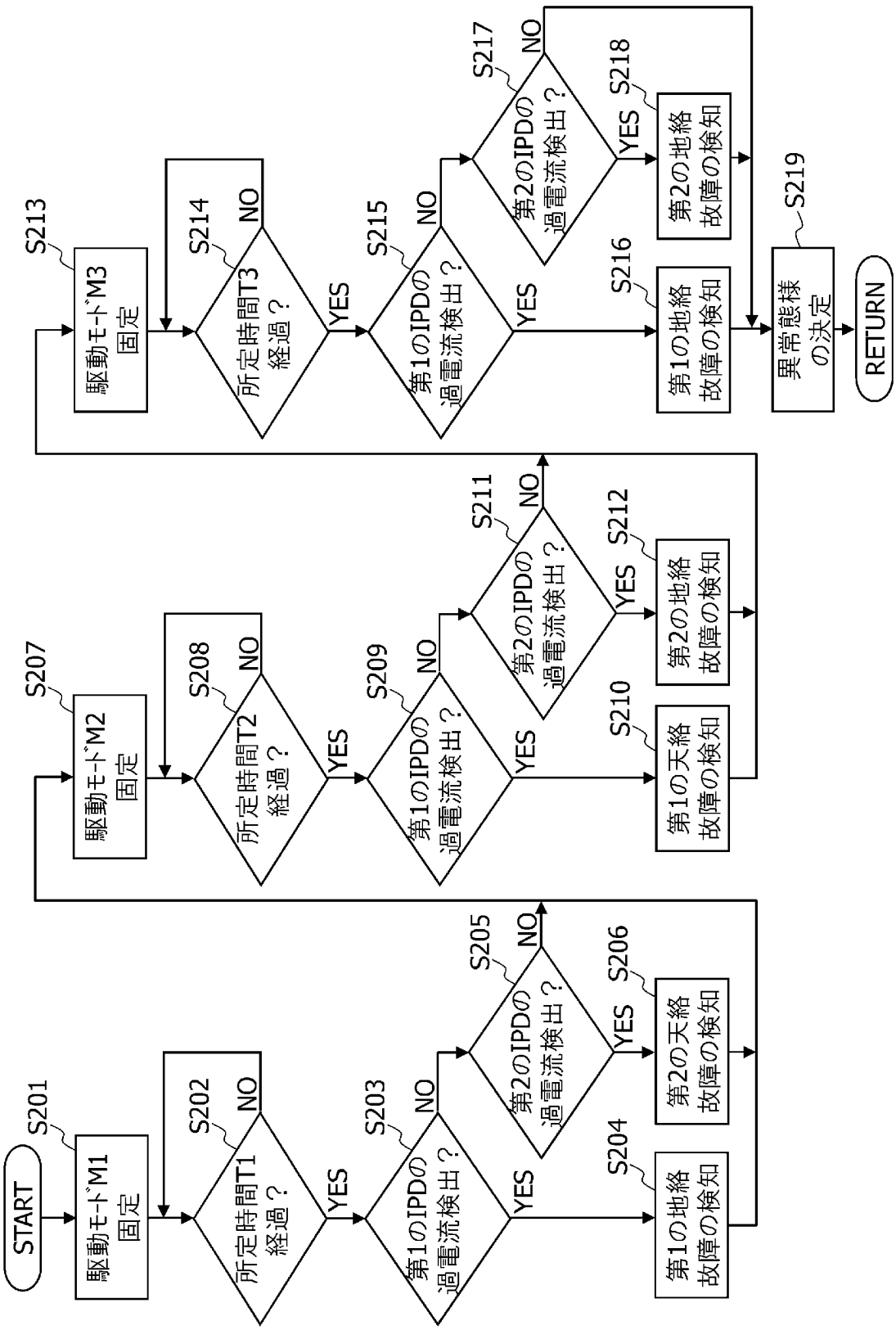
[図14]


START
S11
駆動モード'M1固定
S12
所定時間T1
経過？
NO
YES
S13
第1のIPDの
過電流検出？
NO
YES
S14
第1の地絡故障
の検知及び決定
S15
第2のIPDの
過電流検出？
NO
YES
S16
第2の天絡故障
の検知及び決定
S17
駆動モード'M2固定
S18
所定時間T2
経過？
NO
YES
S19
第1のIPDの
過電流検出？
NO
YES
S20
第1の天絡故障
の検知及び決定
S21
第2のIPDの
過電流検出？
NO
YES
S22
第2の地絡故障
の検知及び決定
S23
正常の決定
RETURN

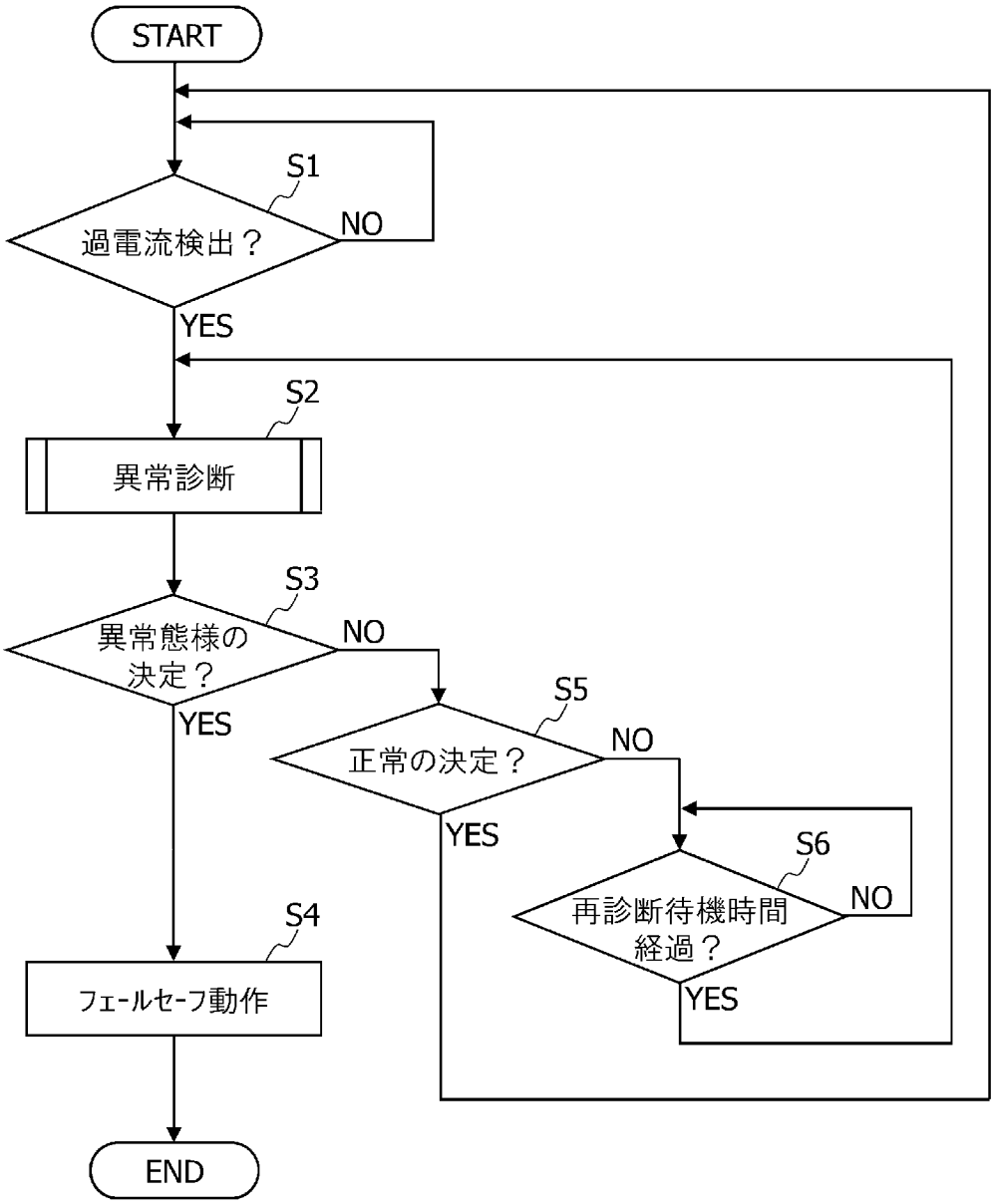
[図15]


START
S101
駆動モード'M3固定
S102
所定時間T3経過？
NO
YES
S103
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S104
第1の地絡故障の検知及び決定
S105
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S106
第2の地絡故障の検知及び決定
S107
駆動モード'M1固定
S108
所定時間T1経過？
NO
YES
S109
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S110
第2の天絡故障の検知及び決定
S111
駆動モード'M2固定
S112
所定時間T2経過？
NO
YES
S113
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S114
第1の天絡故障の検知及び決定
S115
正常の決定
RETURN

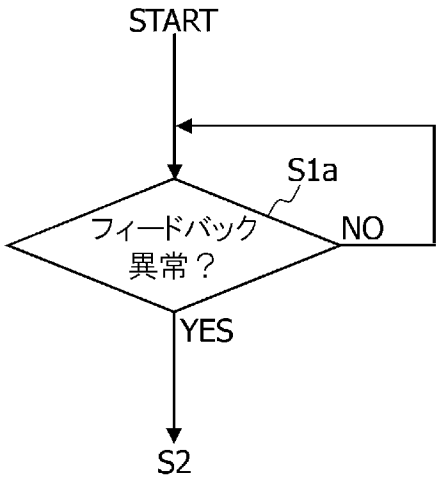
[図16]


START
S201
駆動モード'M1 固定
S202
所定時間T1 経過？
NO
YES
S203
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S204
第1の地絡故障の検知
S205
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S206
第2の天絡故障の検知
S207
駆動モード'M2 固定
S208
所定時間T2 経過？
NO
YES
S209
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S210
第1の天絡故障の検知
S211
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S212
第2の地絡故障の検知
S213
駆動モード'M3 固定
S214
所定時間T3 経過？
NO
YES
S215
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S216
第1の地絡故障の検知
S217
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S218
第2の地絡故障の検知
S219
異常態様の決定
RETURN

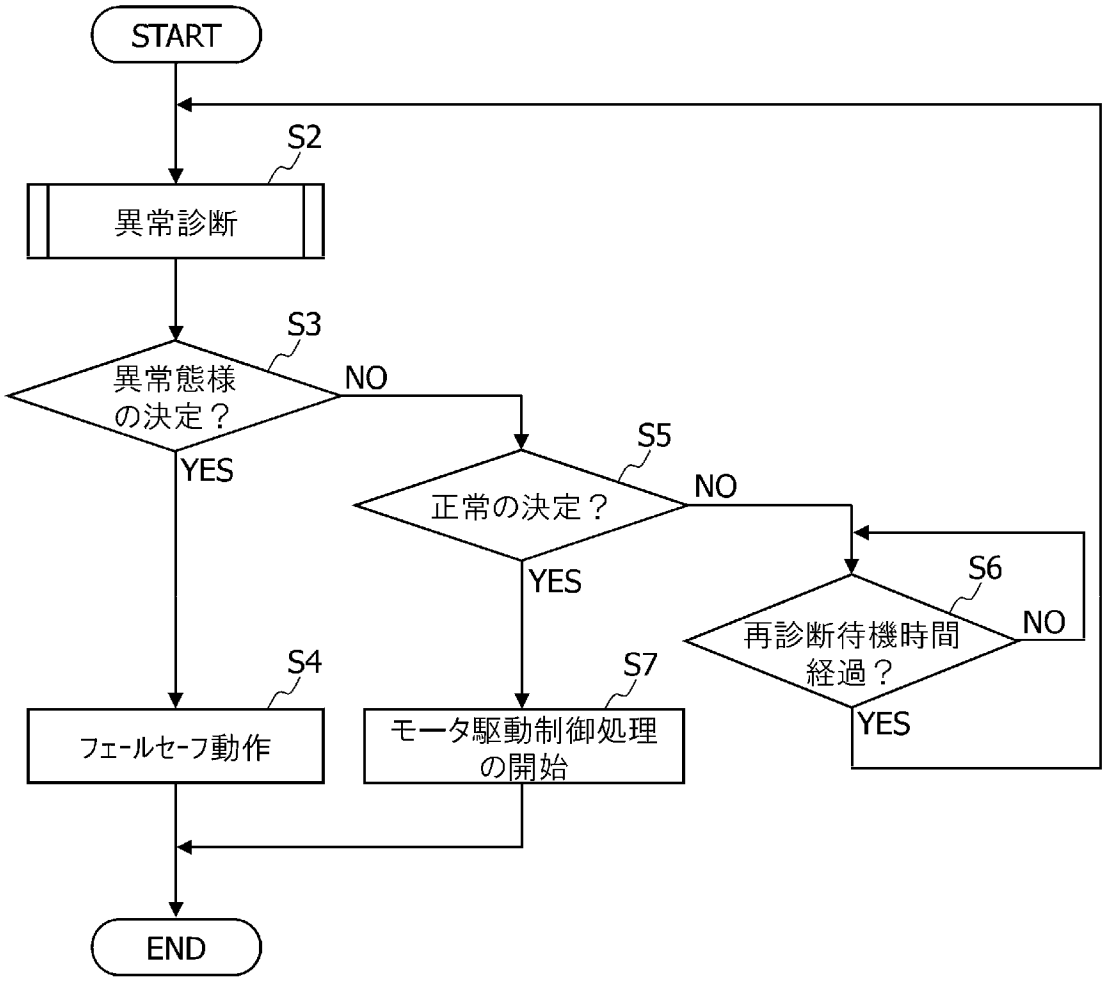
[図17]


START
S1
過電流検出？
NO
YES
S2
異常診断
S3
異常態様の
決定？
NO
YES
S5
正常の決定？
NO
YES
S6
再診断待機時間
経過？
NO
YES
S4
フェールセーフ動作
END

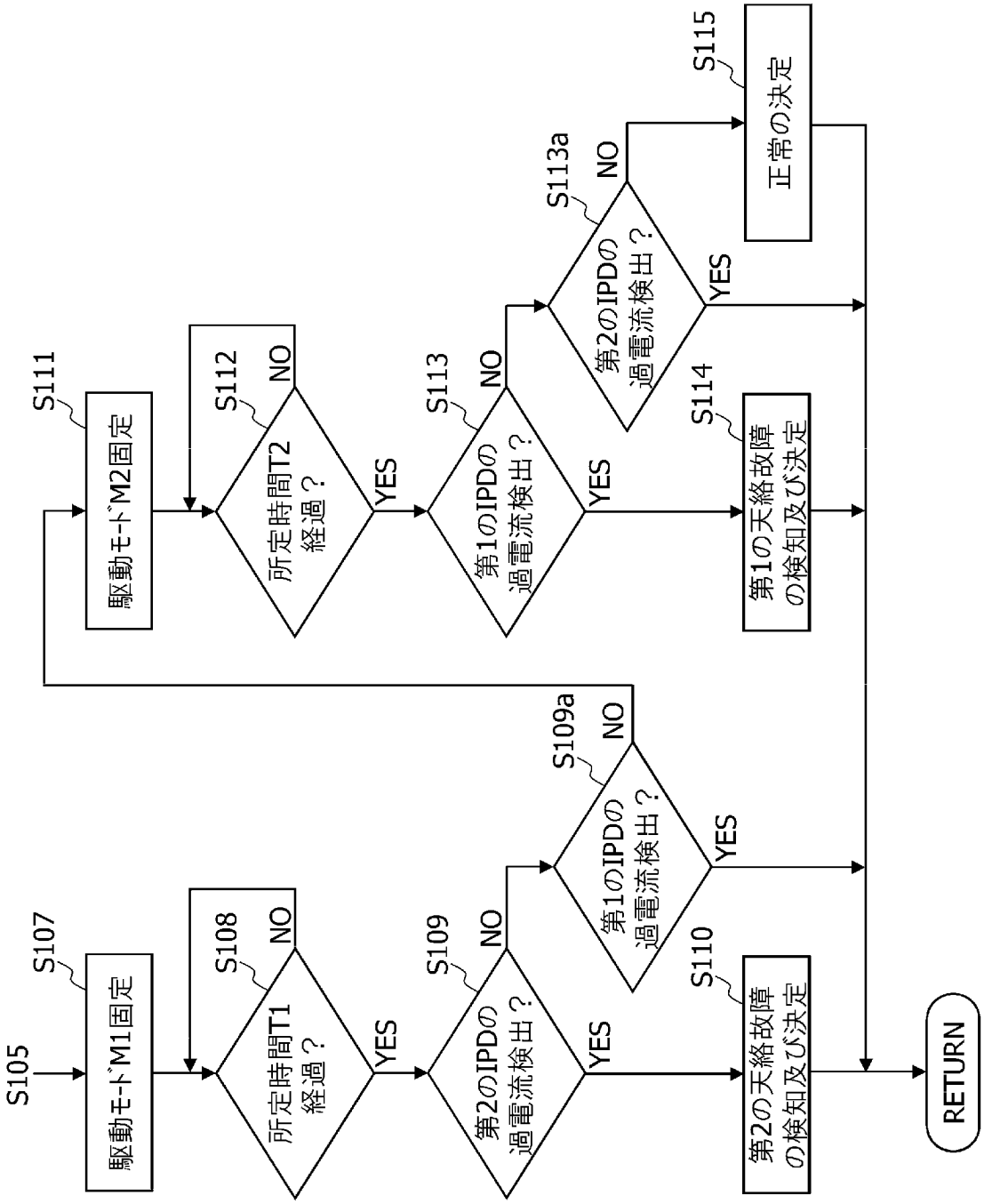
[図18]


START
S1a
フィードバック
異常？
NO
YES
S2

[図19]


START
S2
異常診断
S3
異常態様
の決定？
NO
YES
S5
正常の決定？
NO
YES
S6
再診断待機時間
経過？
NO
YES
S4
フェールセーフ動作
S7
モータ駆動制御処理
の開始
END

[図20]


S105
S107
駆動モードM1固定
S108
所定時間T1経過？
NO
YES
S109
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S109a
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S110
第2の天絡故障の検知及び決定
S111
駆動モードM2固定
S112
所定時間T2経過？
NO
YES
S113
第1のIPDの過電流検出？
NO
YES
S113a
第2のIPDの過電流検出？
NO
YES
S114
第1の天絡故障の検知及び決定
S115
正常の決定
RETURN

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/034817

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H02P29/024(2016.01)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)
Int.Cl. H02P29/024

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 Y A	JP 2015-202019 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 12 November 2015, paragraphs [0009]-[0095], fig. 1-6 & US 2018/0175779 A1, paragraphs [0015]-[0150], fig. 1-6	1, 3-4, 14-15 8, 10-13 2, 5-7, 9
Y A	JP 2009-159689 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 16 July 2009, paragraphs [0022]-[0063], fig. 1-4 & US 2010/0273072 A1, paragraphs [0036]-[0091], fig. 1-4	8, 10-13 2, 5-7, 9
A	JP 2017-63571 A (DENSO CORP.) 30 March 2017, paragraphs [0011]-[0069], fig. 1-15 (Family: none)	2, 5-7, 9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 December 2018 (06.12.2018)	18 December 2018 (18.12.2018)

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

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０３４８１７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P29/024(2016.01)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.　H02P29/024

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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 Y A	JP 2015-202019 A (日立オートモティブシステムズ株式会社) 2015.11.12, 段落[0009]-[0095]、図 1-6 & US 2018/0175779 A1, 段落[0015]-[0150]、図 1-6	1,3-4,14-15 8,10-13 2,5-7,9
Y A	JP 2009-159689 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.07.16, 段落[0022]-[0063]、図 1-4 & US 2010/0273072 A1, 段落[0036]-[0091]、図 1-4	8,10-13 2,5-7,9

☑　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
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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
「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）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「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
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０６．１２．２０１８	１８．１２．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　５５６１
樋口　幸太郎
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

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 2017-63571 A（株式会社デンソー）2017.03.30, 段落[0011]-[0069]、図 1-15（ファミリーなし）	2,5-7,9