

(43) 国際公開日
2008年2月28日 (28.02.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/023831 A1(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/066712

(22) 国際出願日: 2007年8月22日 (22.08.2007)

(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2006-228058 2006年8月24日 (24.08.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 伊藤雄二 (ITO, Yuji) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

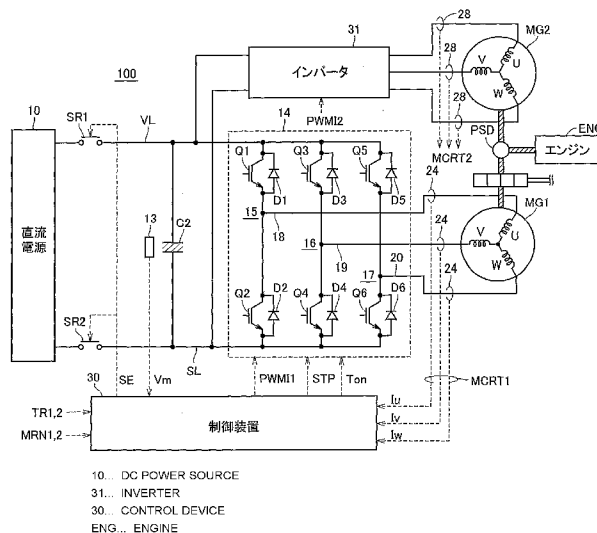
(74) 代理人: 深見久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー 22階 深見特許事務所 Osaka (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

[続葉有]

(54) Title: MOTOR DRIVE DEVICE

(54) 発明の名称: モータ駆動装置



(57) Abstract: A control device (30) judges that an inverter (14) has failed upon detection of an overcurrent in any one of the IGBT elements of the inverter (14) during drive of a motor generator (MG1). The control device (30) stops operation of the inverter (14) in response to the failure judgment and identifies a shortcircuit phase according to a motor current (MCRT1) from the current sensor (24). The control device (30) simultaneously turns ON two IGBT elements constituting an upper and a lower arm of the shortcircuit phase in a discharge process of a capacitor (C2) executed upon stop control of a vehicle. Thus, the two IGBT elements receive excessive shortcircuit current to suddenly increase the thermal loss, which causes a shortcircuit failure. This suppresses the overcurrent of the inverter and the power supply line caused by the electromotive force generated in the motor generator (MG1) when towing a vehicle.

(57) 要約: 制御装置 (30) は、モータジェネレータ (MG1) の駆動時にインバータ (14) の IGBT 素子のいずれかに過電流が検出されたことに応じて、インバータ (14) の異常と判定する。制御装置 (30) は、異常判定に応じてインバータ (14) を運転停止状態とすると共に、電流センサ (24) からのモータ電流 (MCRT1) に基づいて短絡相を特定する。制御装置 (30) は、車両の停止制御時に実行されるコンデンサ (C2) のディスチャージ

[続葉有]



OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

ジ処理において、短絡相の上下アームを構成する2つのIGBT素子を同時にオンさせる。これにより、当該2つのIGBT素子は、過大な短絡電流を受けて熱損失が急増し、短絡故障に至る。その結果、車両の牽引時にモータジェネレータ(MG1)に発生した逆起電力によりインバータおよび電源線が過電流となるのが抑制される。

明細書

モータ駆動装置

5 技術分野

この発明は、モータ駆動装置に関し、特に、電力変換装置の短絡故障に起因する過熱を防止可能なモータ駆動装置に関する。

背景技術

10 最近、環境に配慮した自動車として、ハイブリッド自動車 (Hybrid Vehicle) および電気自動車 (Electric Vehicle) が注目されている。ハイブリッド自動車は、従来のエンジンに加え、直流電源とインバータとインバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。つまり、エンジンを駆動することにより動力源を得るとともに、直流電源からの直流電圧をインバータによって交流
15 電圧に変換し、その変換した交流電圧によりモータを回転することによって動力源を得るものである。

また、電気自動車は、直流電源とインバータとインバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。

このようなハイブリッド自動車または電気自動車に搭載されるモータ駆動装置
20 においては、通常、インバータを構成するスイッチング素子が短絡故障する等の異常が検出されると、インバータの運転を停止させて、短絡故障したスイッチング素子に過大な電流が通過することにより当該スイッチング素子が過熱されるのを防止している。

たとえば特開 2004-289903 号公報には、インバータ装置の地絡異常
25 を検出してインバータ素子の破壊等を防止する技術が開示される。

これによれば、インバータは、車載バッテリーから電力の供給を受けて車両駆動用モータを駆動制御する。車載バッテリーの負極側に接続されているインバータの負極母線と接地電位との間には、パルスノイズを吸収するためのコモンコンデンサが接続されている。短絡検出装置は、コモンコンデンサの端子電圧および充放電電

流に基づいて地絡の発生を検出する。そして、短絡検出装置から地絡の発生を指示する異常信号が出力されると、モータ制御処理部は、直ちにインバータの全てのスイッチング素子をオフとすることにより、地絡電流による素子破壊を防止する。

- 5 しかしながら、特開 2004-289903 号公報のようにインバータの全てのスイッチング素子をオフする構成では、車両を退避走行させたときに車両駆動用モータに発生する逆起電力により、インバータ内部およびモータの中性点とインバータの各相とを接続する導電線であるワイヤハーネス (W/H) を短絡電流が通過する可能性がある。モータに発生する逆起電力はモータの回転数に比例する
- 10 ため、モータの回転数が上昇すると、スイッチング素子およびワイヤハーネスの熱的限界等によって定められている設定電流値を超えた電流がインバータおよび導電線を通過することになり、これらを熱破壊させるおそれがある。

- このような不具合は、特に、車両を退避走行させて緊急停止させた後に車両を修理工場等まで牽引運搬する際に得てして起こり得る。すなわち、車両の牽引時
- 15 においては、駆動軸に対する動力供給が制限される退避走行時と比較して、モータの回転数が高く、かつ、走行時間が相対的に長くなる傾向がある。このように車両の牽引時には、モータには大きな逆起電力が継続して発生することから、インバータおよびワイヤハーネスを過電流状態に至らしめる可能性が高くなる。

- それゆえ、この発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、その
- 20 目的は、短絡故障に起因する過電流からインバータおよび導電線を保護可能なモータ駆動装置を提供することである。

発明の開示

- この発明によれば、モータ駆動装置は、多相モータと、第 1 および第 2 電源線
- 25 へ直流電圧を供給可能に設けられた電源と、第 1 および第 2 電源線と多相モータとの間で電力変換を行なう電力変換装置と、多相モータの出力が目標出力に一致するように電力変換装置を制御する制御装置とを備える。電力変換装置は、各々が、導電線を介して多相モータの各相コイルに接続される複数のアーム回路を含む。複数のアーム回路の各々は、第 1 および第 2 電源線間に各相コイルとの接続

点を介して直列接続された第1および第2のスイッチング素子を有する。制御装置は、複数のアーム回路の中から短絡故障したアーム回路が検出されたことに応じて、短絡故障したアーム回路の第1および第2のスイッチングを導通状態に固定する。

5 上記のモータ駆動装置によれば、多相モータに発生した逆起電力によって電力変換器および導電線が過電流となるのを防止することができる。

好ましくは、モータ駆動装置は、第1および第2電源線間に接続され、直流電圧を平滑化して電力変換器に入力する容量素子をさらに備える。制御装置は、短絡故障したアーム回路の第1および第2のスイッチング素子を導通状態として容量素子に蓄えられた電力を放電させる。

10

上記のモータ駆動装置によれば、短絡故障したアーム回路の第1および第2のスイッチング素子を容易に導通状態に固定することができる。

好ましくは、短絡検出部は、各相コイルに流れる電流の大きさに基づいて短絡故障したアーム回路を検出する。

15 上記のモータ駆動装置によれば、短絡故障したアーム回路を容易に特定することができる。

好ましくは、多相モータは、車両の駆動軸に連結される。

上記のモータ駆動装置によれば、駆動軸の回転力により多相モータに発生する逆起電力によって電力変換器および導電線が過電流となるのを防止することができる。

20

好ましくは、多相モータは、内燃機関に連結され、車両の駆動軸に連結された車両駆動用モータと、内燃機関の出力軸、多相モータの出力軸および駆動軸を相互に連結する動力分割機構とをさらに備える。

上記のモータ駆動装置によれば、車両駆動用モータの回転に伴って回転する多相モータに発生する逆起電力によって電力変換器および導電線が過電流となるのを防止することができる。

25

この発明によれば、モータ駆動装置において、インバータの短絡故障に起因する過電流からインバータおよび導電線を保護することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、この発明の実施の形態に係るモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 2 は、図 1 の制御装置の機能ブロック図である。

図 3 は、インバータの短絡相を特定する方法を説明するための図である。

5 図 4 は、平滑用コンデンサのディスチャージ処理における電流経路を示す図である。

図 5 は、短絡相の上下アームを短絡故障させたときの電流経路を示す図である。

図 6 は、短絡相の上下アームを短絡故障させた状態でのモータ電流の出力波形を示す図である。

10 図 7 は、本発明の実施の形態に従うインバータ短絡故障時の駆動制御を説明するフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して詳しく説明する。なお、

15 図中同一符号は同一または相当部分を示す。

図 1 は、この発明の実施の形態に係るモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 1 を参照して、モータ駆動装置 100 は、直流電源 10 と、電圧センサ 13 と、システムリレー SR1、SR2 と、コンデンサ C2 と、インバータ 14、31 と、電流センサ 24、28 と、制御装置 30 とを備える。

20 エンジン ENG は、ガソリンなどの燃料の燃焼エネルギーを源として駆動力を発生する。エンジン ENG の発生する駆動力は、図 1 の太斜線で示すように、動力分割機構 PSD により、2 つの経路に分割される。一方は、図示しない減速機を介して車輪を駆動する駆動軸に伝達する経路である。もう一方は、モータジェネレータ MG1 へ伝達する経路である。

25 モータジェネレータ MG1、MG2 は、3 相交流同期電動機からなり、直流電源 10 に蓄えられた電力およびエンジン ENG の駆動力によって駆動される。モータジェネレータ MG1 は、エンジン ENG にて駆動される発電機の機能を持つように、そして、エンジン ENG に対して電動機として動作し、たとえばエンジン ENG を始動し得るようなモータである。モータジェネレータ MG2 は、車両

の駆動輪を駆動するためのトルクを発生するための駆動モータである。

直流電源 10 は、蓄電装置（図示せず）を含んで構成されて、電源ライン V L およびアースライン S L の間に直流電圧を出力する。たとえば、直流電源 10 を、二次電池および昇降圧コンバータの組合せにより、二次電池の出力電圧を変換して電源ライン V L およびアースライン S L に出力する構成とすることが可能である。この場合には、昇降圧コンバータを双方向の電力変換可能なように構成して、電源ライン V L およびアースライン S L 間の直流電圧を二次電池の充電電圧に変換する。

システムリレー S R 1 は、直流電源 10 の正極と電源ライン V L との間に接続され、システムリレー S R 2 は、直流電源 10 の負極とアースライン S L との間に接続される。システムリレー S R 1, S R 2 は、制御装置 30 からの信号 S E によりオン／オフされる。

電源ライン V L およびアースライン S L の間には、平滑用コンデンサ C 2 が接続されている。電圧センサ 13 は、コンデンサ C 2 の両端の電圧 V m（インバータ 14, 31 の入力電圧に相当する。以下同じ。）を検出して制御装置 30 へ出力する。

インバータ 14 は、U 相アーム 15 と、V 相アーム 16 と、W 相アーム 17 とからなる。U 相アーム 15、V 相アーム 16 および W 相アーム 17 は、電源ライン V L とアースライン S L との間に並列に設けられる。

U 相アーム 15 は、直列接続された I G B T（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子 Q 1, Q 2 からなる。V 相アーム 16 は、直列接続された I G B T 素子 Q 3, Q 4 からなる。W 相アーム 17 は、直列接続された I G B T 素子 Q 5, Q 6 からなる。また、各 I G B T 素子 Q 1～Q 6 のコレクタ－エミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード D 1～D 6 がそれぞれ接続されている。

各相アームの中間点は、導電線（ワイヤハーネス）を介してモータジェネレータ M G 1 の各相コイルの各相端に接続されている。すなわち、モータジェネレータ M G 1 は、3 相の永久磁石モータであり、U, V, W 相の 3 つのコイルの一端が中性点に共通に接続されて構成される。U 相コイルの他端が導電線 18 を介し

て I G B T 素子 Q 1, Q 2 の中間点に、V 相コイルの他端が導電線 1 9 を介して I G B T 素子 Q 3, Q 4 の中間点に、W 相コイルの他端が導電線 2 0 を介して I G B T 素子 Q 5, Q 6 の中間点にそれぞれ接続されている。なお、インバータ 1 4 に含まれるスイッチング素子は、I G B T 素子 Q 1 ~ Q 6 に限定されず、M O S F E T 等の他のパワー素子で構成しても良い。

インバータ 3 1 は、インバータ 1 4 と同様の構成からなる。

インバータ 1 4 は、制御装置 3 0 からの信号 P W M I 1 に基づいて直流電源 1 0 の出力する直流電圧を三相交流に変換してモータジェネレータ M G 1 を駆動する。これにより、モータジェネレータ M G 1 は、トルク指令値 T R 1 によって指定された要求トルクを発生するように駆動される。

また、インバータ 1 4 は、モータ駆動装置 1 0 0 が搭載されたハイブリッド自動車の回生制動時、モータジェネレータ M G 1 が発電した交流電圧を制御装置 3 0 からの信号 P W M I 1 に基づいて直流電圧に変換し、変換した直流電圧をコンデンサ C 2 を介して直流電源 1 0 へ供給する。なお、ここで言う回生制動とは、ハイブリッド自動車を運転するドライバーによるフットブレーキ操作があった場合の回生発電を伴う制動や、フットブレーキを操作しないものの、走行中にアクセルペダルをオフすることで回生発電をさせながら車両を減速（または加速の中止）させることを含む。

インバータ 3 1 は、制御装置 3 0 からの信号 P W M I 2 に基づいて直流電源 1 0 の出力する直流電圧を三相交流に変換してモータジェネレータ M G 2 を駆動する。これにより、モータジェネレータ M G 2 は、トルク指令値 T R 2 によって指定された要求トルクを発生するように駆動される。

また、インバータ 3 1 は、モータ駆動装置 1 0 0 が搭載されたハイブリッド自動車の回生制動時、モータジェネレータ M G 2 が発電した交流電圧を制御装置 3 0 からの信号 P W M I 2 に基づいて直流電圧に変換し、変換した直流電圧をコンデンサ C 2 を介して直流電源 1 0 へ供給する。

電流センサ 2 4 は、モータジェネレータ M G 1 に流れる電流 M C R T 1 (I_u , I_v , I_w) を検出して制御装置 3 0 へ出力する。電流センサ 2 8 は、モータジェネレータ M G 2 に流れる電流 M C R T 2 を検出して制御装置 3 0 へ出力する。

制御装置 30 は、外部に設けられた ECU (Electronic Control Unit) からトルク指令値 $TR1$ 、 $TR2$ およびモータ回転数 $MRN1$ 、 $MRN2$ を受け、電圧センサ 13 から電圧 V_m を受け、電流センサ 24 からモータ電流 $MCRT1$ 、 $MCRT2$ を受ける。そして、制御装置 30 は、出力電圧 V_m 、トルク指令値 $TR1$ およびモータ電流 $MCRT1$ に基づいて、インバータ 14 がモータジェネレータ $MG2$ を駆動するときにインバータ 14 の IGBT 素子 $Q1 \sim Q6$ をスイッチング制御するための信号 $PWMI1$ を生成し、その生成した信号 $PWMI1$ をインバータ 14 へ出力する。

また、制御装置 30 は、出力電圧 V_m 、トルク指令値 $TR2$ およびモータ電流 $MCRT2$ に基づいて、インバータ 31 がモータジェネレータ $MG2$ を駆動するときにインバータ 31 の IGBT 素子 $Q1 \sim Q6$ をスイッチング制御するための信号 $PWMI2$ を生成し、その生成した信号 $PWMI2$ をインバータ 31 へ出力する。

さらに、制御装置 30 は、システムリレー $SR1$ 、 $SR2$ をオン/オフするための信号 SE を生成してシステムリレー $SR1$ 、 $SR2$ へ出力する。

図 2 は、図 1 の制御装置 30 の機能ブロック図である。

図 2 を参照して、制御装置 30 は、インバータ 14 の制御手段として、モータ制御用相電圧演算部 32 と、インバータ用駆動信号変換部 34 と、インバータ異常検出部 36 と、短絡相検出部 38 とを含む。なお、図示は省略するが、制御装置 30 は、図 2 と同様の構成からなるインバータ 31 の制御手段をさらに含む。

モータ制御用相電圧演算部 32 は、インバータ 14 の入力電圧 V_m を電圧センサ 13 から受け、モータジェネレータ $MG1$ の各相に流れるモータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w を電流センサ 24 から受け、トルク指令値 $TR1$ を外部 ECU 200 から受ける。そして、モータ制御用相電圧演算部 32 は、これらの入力信号に基づいて、モータジェネレータ $MG2$ の各相のコイルに印加する電圧の操作量（以下、電圧指令とも称する。） V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を計算し、その計算した結果をインバータ用駆動信号変換部 34 へ出力する。

インバータ用駆動信号変換部 34 は、モータ制御用相電圧演算部 32 からの各相コイルの電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に基づいて、実際にインバータ 14

の各 IGBT 素子 Q1～Q6 をオン／オフする信号 PWMI1 を生成し、その生成した信号 PWMI1 を各 IGBT 素子 Q1～Q6 へ出力する。

これにより、各 IGBT 素子 Q1～Q6 は、スイッチング制御され、モータジェネレータ MG1 が指令されたトルクを出力するようにモータジェネレータ MG1 の各相に流す電流を制御する。このようにして、モータ電流 MCRT1 が制御され、トルク指令値 TR1 に応じたモータトルクが出力される。

インバータ異常検出部 36 は、モータジェネレータ MG1 の駆動制御時においてインバータ 14 に発生した異常を検出する。インバータ 14 の異常検出は、電流センサ 24 から入力されるモータジェネレータ MG1 のモータ電流 I_u , I_v , I_w に基づいて行なわれる。このとき、インバータ異常検出部 36 は、電流センサの検出値のいずれかに過電流が検出されたことに応じて、IGBT 素子 Q1～Q6 の短絡故障による異常と判定し、その判定した結果を示す信号 FINV を生成する。そして、インバータ異常検出部 36 は、その生成した信号 FINV を短絡相検出部 38、インバータ用駆動信号変換部 34 および外部 ECU200 へ出力する。

インバータ用駆動信号変換部 34 は、インバータ異常検出部 36 から信号 FINV を受けると、インバータ 14 の各 IGBT 素子 Q1～Q6 のスイッチング動作を停止（オフ状態）するための信号 STP を生成し、その生成した信号 STP を IGBT 素子 Q1～Q6 へ出力する。これにより、インバータ 14 は運転停止状態となる。

外部 ECU200 は、インバータ異常検出部 36 から信号 FINV を受けると、モータ駆動装置 100 を搭載したハイブリッド車両の走行停止制御へと移行する。

短絡相検出部 38 は、インバータ異常検出部 36 から信号 FINV を受けると、電流センサ 24 からのモータ電流 I_u , I_v , I_w に基づいて短絡故障が発生した相（以下、短絡相とも称する）の特定を行なう。そして、短絡相検出部 38 は、その特定した短絡相を示す信号 DE を生成してインバータ用駆動信号変換部 34 へ出力する。

インバータ用駆動信号変換部 34 は、短絡相検出部 38 から信号 DE を受けると、外部 ECU200 による一連の車両の停止制御において実行されるコンデン

サ C 2 のディスチャージ処理において、後述する方法によって短絡相を構成する 2 つの I G B T 素子を同時にオンするための信号 T o n を生成し、その生成した信号 T o n をインバータ 1 4 へ出力する。これにより、コンデンサ C 2 に蓄積された電荷は、短絡相の短絡電流として消費される。通常、平滑用のコンデンサ C 2 としては、直流電源 1 0 の高電圧を受けて大容量のものが用いられる。そのため、コンデンサ C 2 のディスチャージにおいては、大きな短絡電流が短期間に短絡相を流れることとなり、2 つの I G B T 素子は急増する熱損失によって短絡故障に至る。

以上に述べたように、この発明によるモータ駆動装置は、インバータの異常が検出されたことに応じて、インバータを構成する 3 相アームの中から短絡相を特定するとともに、その特定した短絡相の上下アームを導通状態に固定することを特徴とする。

かかる特徴を具備することにより、モータ駆動装置 1 0 0 を搭載した車両は、インバータ 1 4 の異常検出後にモータジェネレータ M G 1 に誘起される逆起電力によりインバータ 1 4 および導電線 1 8 ~ 2 0 が過熱されるのを防止することが可能となる。以下に、上記の特徴について詳述する。

最初に、この発明のモータ駆動装置によるインバータの短絡相を特定する方法について説明する。

図 3 は、インバータ 1 4 の短絡相を特定する方法を説明するための図である。

図 3 を参照して、インバータ 1 4 を構成する U, V, W 相アーム 1 5 ~ 1 7 のうち、U 相アーム 1 5 (たとえば I G B T 素子 Q 1) が短絡故障したものと仮定する。

このとき、I G B T 素子 Q 1 に内蔵される電流センサによって過電流が検出されたことに応じて、インバータ 1 4 が運転停止状態とされる。そして、直流電源 1 0 の充電量によって決定される性能範囲の中でモータジェネレータ M G 2 を駆動力源とした退避走行を行なうことにより、車両を他の車両や歩行者等の妨げにならない場所まで退避させる。その後車両は、修理工場等に牽引運搬される。

このような退避走行や牽引運搬においては、モータジェネレータ M G 1 およびモータジェネレータ M G 2 が動力分割機構 P S D を介して互いに連結されている

ので、モータジェネレータMG 2が回転するのに伴って、モータジェネレータMG 1も回転される。

そして、図3に示すように、モータジェネレータMG 1の回転に伴って、その回転子（図示せず）に装着された磁石PMが回転することにより、モータジェネレータMG 1の各相コイルに逆起電圧が発生する。

このとき、図3のようにU相アーム15のIGBT素子Q1（上アーム）が短絡故障しているケースでは、各IGBT素子Q1～Q6のスイッチング動作を停止するように制御しても、短絡相であるU相アーム15を介した短絡経路が形成される。

具体的には、IGBT素子Q1の短絡によってインバータ14の電源ラインVLがU相アーム15の中間点と導通すると、図中に示すように、電源ラインVL～U相アーム15の中間点～導電線18～モータジェネレータMG1のU相コイルを経路としてU相モータ電流I_uが流れる。そして、U相モータ電流I_uは、モータジェネレータMG1の中性点において、V相コイル～導電線19～V相アーム16の中間点～ダイオードD3～電源ラインVLに至る第1の経路R_{t1}と、W相コイル～導電線20～W相アーム17の中間点～ダイオードD5～電源ラインVLに至る第2の経路R_{t2}とに分岐される。

このように、U、V、W相アーム15～17において、短絡故障したU相アーム15の上アームと、VおよびW相アーム16、17のダイオードD3、D5との間には、モータジェネレータMG1を介在して閉回路が形成されることになる。そして、この閉回路において、3相モータ電流I_u、I_v、I_wの間には、式（1）の関係が成立する。

$$|I_u| = |I_v| + |I_w| \quad (1)$$

これによれば、当該閉回路には、V相モータ電流I_vおよびW相モータ電流I_wの大きさの和に相当する短絡電流が流れることになる。モータジェネレータMG1に発生する逆起電圧は、モータジェネレータMG1の回転数に比例するので、モータジェネレータMG2の回転数が上昇すれば、モータジェネレータMG1に発生する逆起電圧も高くなり、インバータ14および導電線18～20を通過する短絡電流も増大してしまう。短絡電流が過大となると、インバータおよび導電

線の耐熱温度を超える高温の発生によって、インバータおよび導電線が熱破壊してしまう可能性がある。

そこで、本発明の実施の形態は、電流センサ 24 にて検出されるモータ電流 I_u , I_v , I_w の各々について、電流の大きさが所定の閾値 I_{std} を上回る
5 可否かを判定する構成とする。本構成によれば、モータ電流 I_u , I_v , I_w のいずれかについて電流の大きさが所定の閾値 I_{std} を上回ると判定されたことに
に応じて、当該モータ電流に対応する相が短絡相として特定される。なお、所定の閾値 I_{std} は、モータジェネレータ MG1 が出力可能な最大トルクを出力
しているときに検出されるモータ電流よりも高い電流値に設定される。

10 次に、この発明のモータ駆動装置における、短絡相の上下アームを導通状態に固定させる方法について説明する。

図4は、コンデンサ C2 のディスチャージ処理における電流経路を示す図である。なお、図3と同様に、U相アーム15のIGBT素子Q1（上アーム）が短絡故障しているケースを仮定する。

15 コンデンサ C2 のディスチャージ処理は、外部 ECU200 による一連の車両停止制御において、直流電源10からの直流電圧の遮断時に実行される。直流電圧の遮断は、制御装置30がシステムリレー SR1, SR2 をオフするための信号 SE を生成してシステムリレー SR1, SR2 に出力することにより行なわれる。

20 この発明によるモータ駆動装置は、上述したように、このコンデンサ C2 のディスチャージ処理を行なう際に、制御装置30からの信号 Ton によって短絡相であるU相アーム15の上下アーム（IGBT素子Q1, Q2）を同時にオンさせることとする。これにより、コンデンサ C2 に蓄積された電荷は、図中の経路 Rt4 に沿って IGBT素子Q1, Q2 の短絡電流として消費される。このとき
25 の短絡電流の大きさは、コンデンサ C2 の大容量に比例して大きなものとなるため、IGBT素子Q1, Q2 に発生する熱損失が急激に増加する。IGBT素子Q1, Q2 は、熱破壊を引き起して短絡故障に至った結果、導通状態に固定される。

このように、短絡相の上下アームを導通状態に固定させたことにより、これ以

降に行なわれる車両の牽引時においては、モータジェネレータMG 1に発生した逆起電圧によってインバータ14および導電線18～20を流れる短絡電流を低減することが可能となる。

詳細には、図5に示すように、U相アーム15の上アーム（IGBT素子Q1）および下アーム（IGBT素子Q2）が短絡故障した状態では、U相モータ電流 I_u の経路は、上述した経路 R_{t1} 、 R_{t2} に加えて、電源ライン $V_L \sim U$ 相アーム15の中間点～アースライン S_L に至る経路 R_{t3} が新たに形成されることとなる。これにより、U相アーム15の上アームとVおよびW相アーム16、17のダイオードD3、D5との間で形成される閉回路を流れる短絡電流が低減される。

図6は、短絡相（U相アーム15）の上下アームを短絡故障させた状態でのモータ電流の出力波形を示す図である。なお、図6の出力波形は、図5に示す回路構成においてモータジェネレータMG1を所定の回転数で回転させたときに誘起されるモータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w をシミュレーションすることにより得られたものである。

図6から明らかなように、モータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、略同じ振幅の交流波形を示している。なお、モータジェネレータMG1の回転数を増加させることによって、モータ電流の振幅はほとんど変化しないことが演算結果から得られている。したがって、車両の牽引時において、インバータ内の短絡故障により過大な短絡電流が流れることにより、インバータおよび導電線が過熱されるのを防止することができる。

図7は、本発明の実施の形態に従うインバータ短絡故障時の駆動制御を説明するフローチャートである。

図7を参照して、インバータ異常検出部36は、モータジェネレータMG1の駆動制御時において、電流センサ24からのモータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w の検出値に基づいてインバータ14に発生した異常を検出する（ステップS01）。このとき、インバータ異常検出部36は、電流センサ24の検出値のいずれかに過電流が検出されたことに応じて、IGBT素子Q1～Q6の短絡故障による異常と判定し、その判定した結果を示す信号FINVを生成する。生成された信号F

INVは、インバータ用駆動信号変換部34、短絡相検出部38および外部ECU200へそれぞれ出力される。

インバータ用駆動信号変換部34は、信号FINVを受けると、過電流からインバータ14および導電線18~20を保護するために、インバータ14の各IGBT素子Q1~Q6のスイッチング動作を停止するための信号STPを生成してインバータ14へ出力する。これにより、インバータ14は運転停止状態となる（ステップS02）。

次に、短絡相検出部38は、信号FINVを受けたことに応じて、上述した方法により電流センサ24からのモータ電流 I_u 、 I_v 、 I_w に基づいて短絡相の特定を行なう（ステップS03）。短絡相検出部38は、特定した短絡相を示す信号DEを生成してインバータ用駆動信号変換部34へ出力する。

外部ECU200では、信号FINVを受けたことに応じて車両の停止制御を実行する。このとき、外部ECU200は、表示手段への車両の走行許可“READY”の出力を停止（オフ状態）とすることにより、車両の走行を禁止する（ステップS04）。そして、モータジェネレータMG2を駆動力源とした退避走行を行なうことにより、車両を他の車両や歩行者等の妨げにならない場所まで退避させた後に、車両を停止させる（ステップS05）。

さらに、直流電源10からの直流電圧の遮断時において、コンデンサC2のディスチャージ処理が実行される。このとき、制御装置30は、システムリレーSR1、SR2をオフするための信号SEを生成してシステムリレーSR1、SR2に出力する。さらに、制御装置30内部のインバータ用駆動信号変換部34は、信号DEにより指示される短絡相の上下アームを構成する2つのIGBT素子を同時にオンするための信号Tonを生成してインバータ14へ出力する（ステップS06）。

これにより、コンデンサC2に蓄積された電荷は、オンされた2つのIGBT素子の短絡電流として消費される（ステップS07）。2つのIGBT素子は、熱損失の急増により熱破壊を引き起して短絡故障に至る。

短絡相の上下アームを導通状態に固定したことにより、ステップS07以降に実行される車両の牽引時には、インバータ内部を過大な短絡電流が流れるのが抑

制される。その結果、インバータおよび導電線を過熱から保護することができる。

なお、本実施の形態では、コンデンサC 2のディスチャージ処理において短絡相のI G B T素子を短絡故障させる構成を示したが、制御装置3 0から当該I G B T素子を同時にオンするための信号T o nを継続的に出力させるように構成しても良い。

また、本実施の形態では、動力分割機構によって相互に連結された2つのモータを備えるハイブリッド車両におけるモータ駆動装置を例示したが、本発明の適用はこのような形式に限定されるものでなく、たとえば走行駆動用モータを備える電動車両におけるモータ駆動装置に対しても適用可能である。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

この発明は、ハイブリッド自動車または電気自動車に搭載されるモータ駆動装置に利用することができる。

請求の範囲

1. 多相モータと、

前記第1および第2電源線へ直流電圧を供給可能に設けられた電源と、

5 前記第1および第2電源線と前記多相モータとの間で電力変換を行なう電力変換装置と、

前記多相モータの出力が目標出力に一致するように前記電力変換装置を制御する制御装置とを備え、

前記電力変換装置は、

10 各々が、導電線を介して前記多相モータの各相コイルに接続される複数のアーム回路を含み、

前記複数のアーム回路の各々は、前記第1および第2電源線間に前記各相コイルとの接続点を介して直列接続された第1および第2のスイッチング素子を有し、

15 前記制御装置は、前記複数のアーム回路の中から短絡故障したアーム回路が検出されたことに応じて、前記短絡故障したアーム回路の前記第1および第2のスイッチングを導通状態に固定する、モータ駆動装置。

2. 前記第1および第2電源線間に接続され、前記直流電圧を平滑化して前記電力変換器に入力する容量素子をさらに備え、

20 前記制御装置は、前記短絡故障したアーム回路の前記第1および第2のスイッチング素子を導通状態として前記容量素子に蓄えられた電力を放電させる、請求の範囲1に記載のモータ駆動装置。

3. 前記短絡検出部は、前記各相コイルに流れる電流の大きさに基づいて前記短絡故障したアーム回路を検出する、請求の範囲2に記載のモータ駆動装置。

25 4. 前記多相モータは、車両の駆動軸に連結される、請求の範囲1から請求の範囲3のいずれか1項に記載のモータ駆動装置。

5. 前記多相モータは、内燃機関に連結され、

30 車両の駆動軸に連結された車両駆動用モータと、
前記内燃機関の出力軸、前記多相モータの出力軸および前記駆動軸を相互に連結する動力分割機構とをさらに備える、請求の範囲1から請求の範囲3のいずれか1項に記載のモータ駆動装置。

FIG. 1

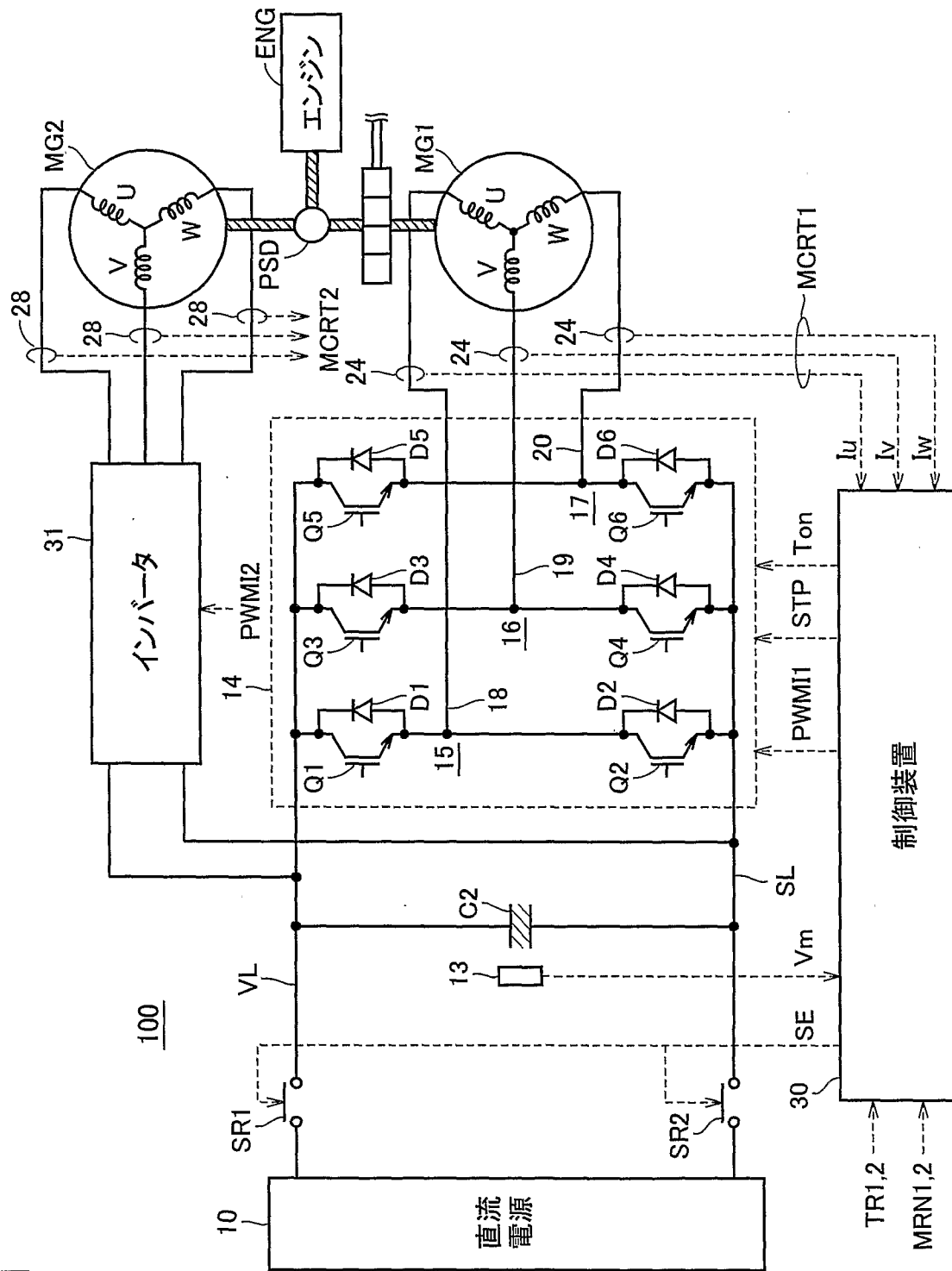


FIG.2

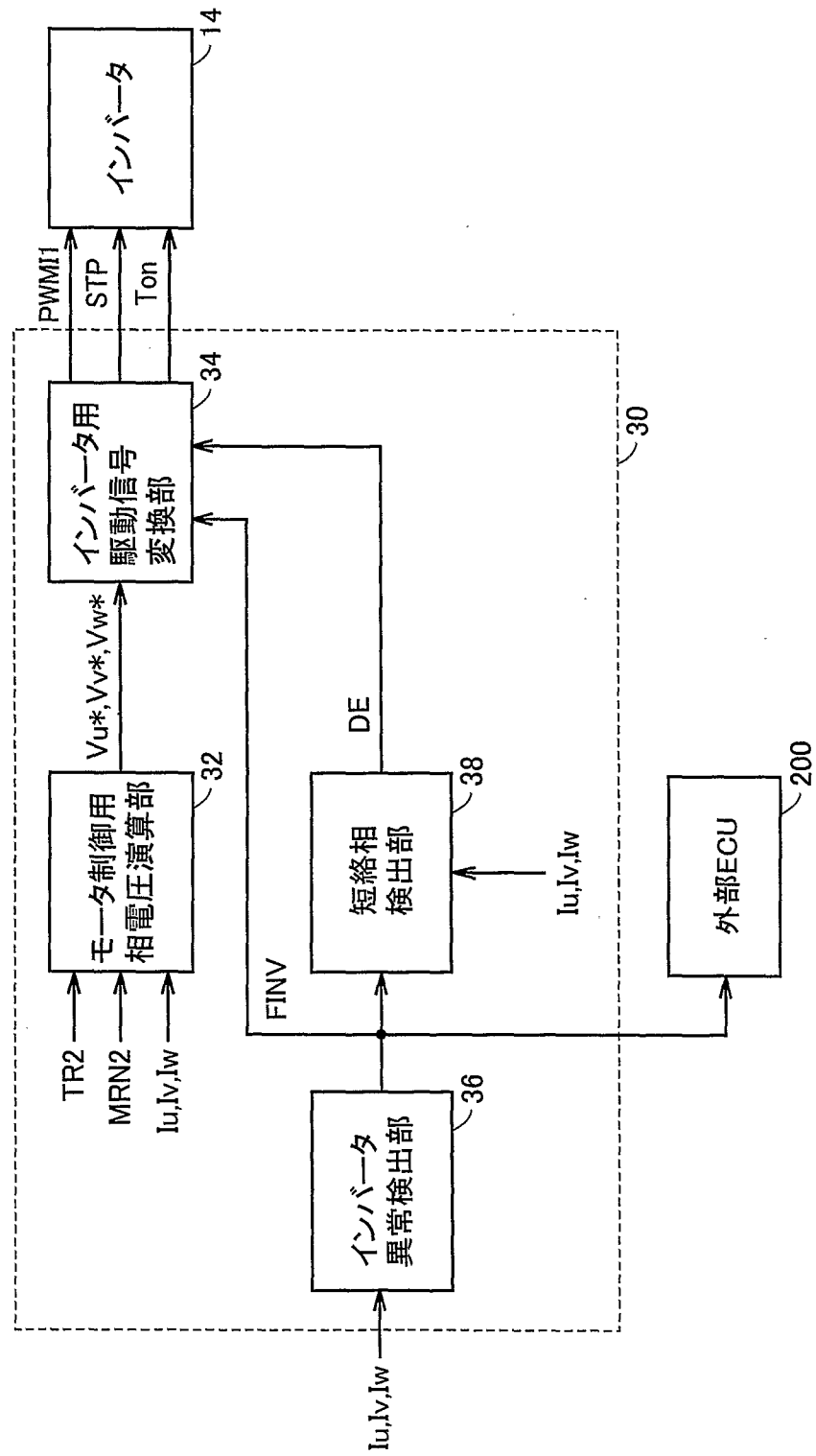


FIG.3

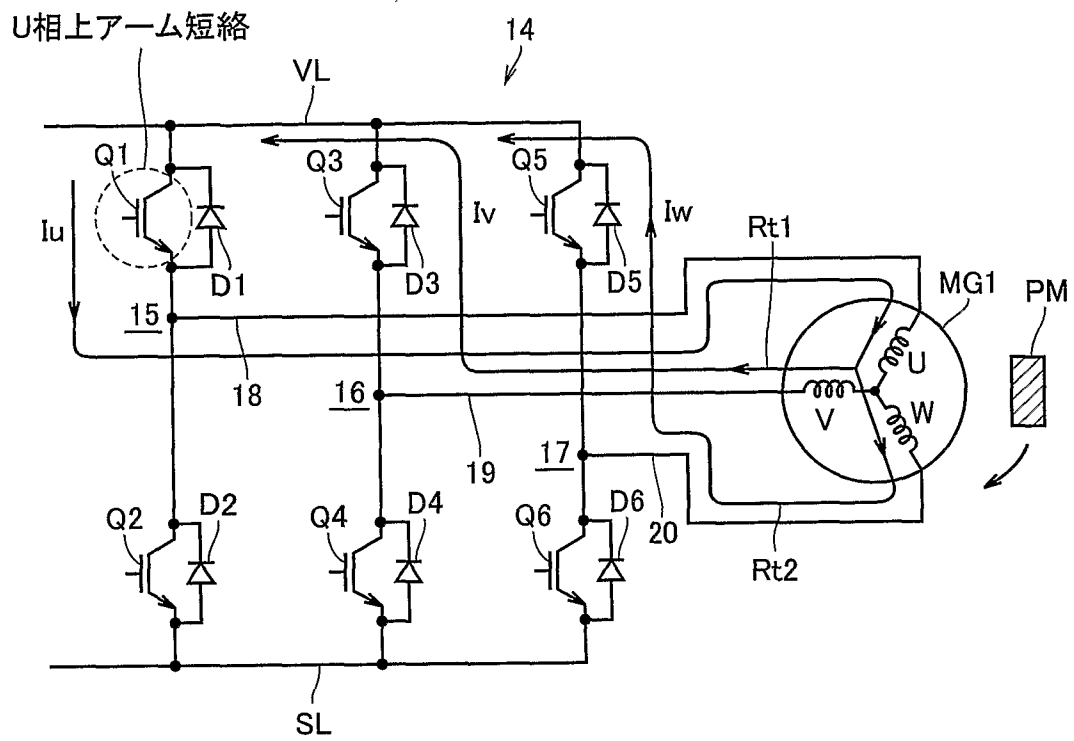


FIG.4

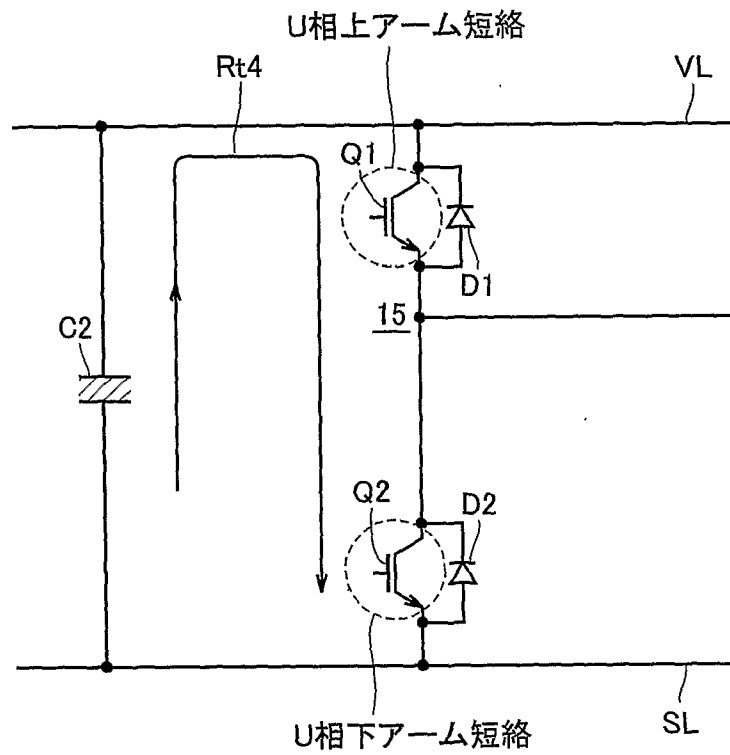


FIG.5

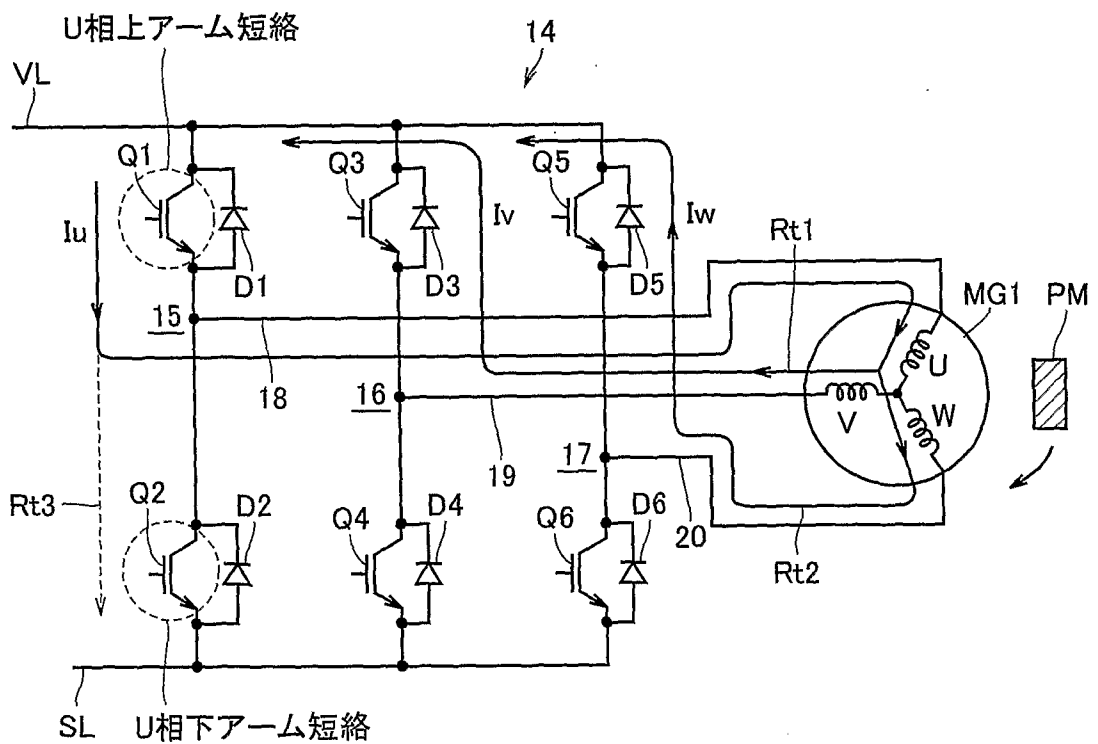


FIG.6

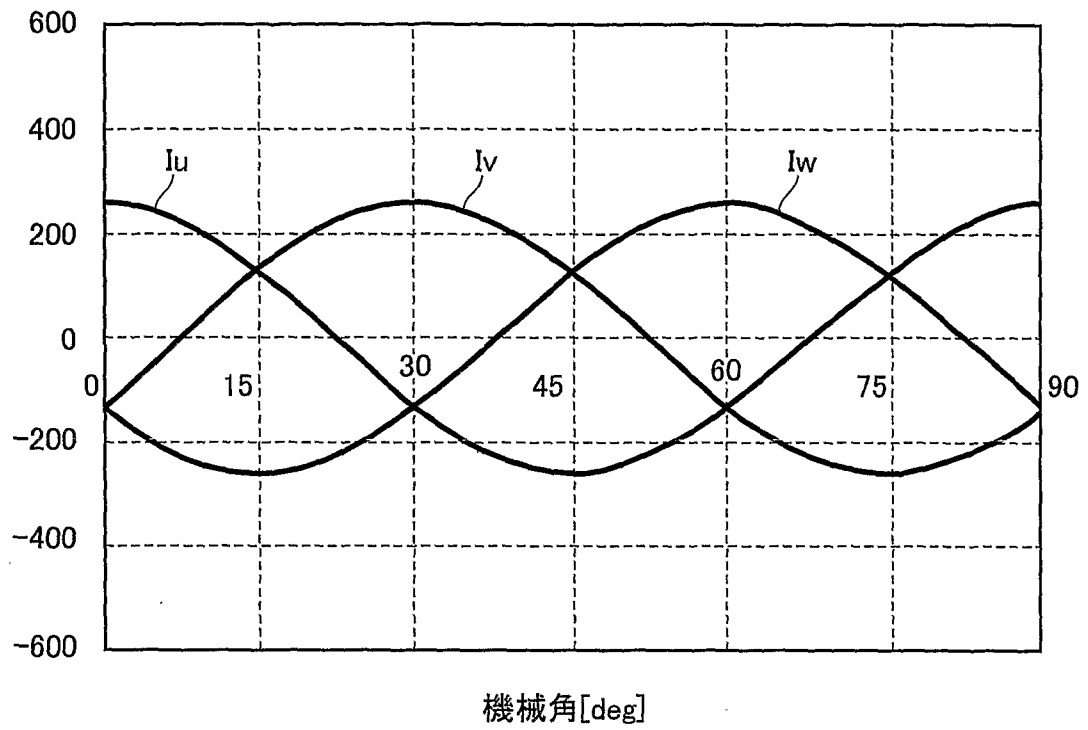
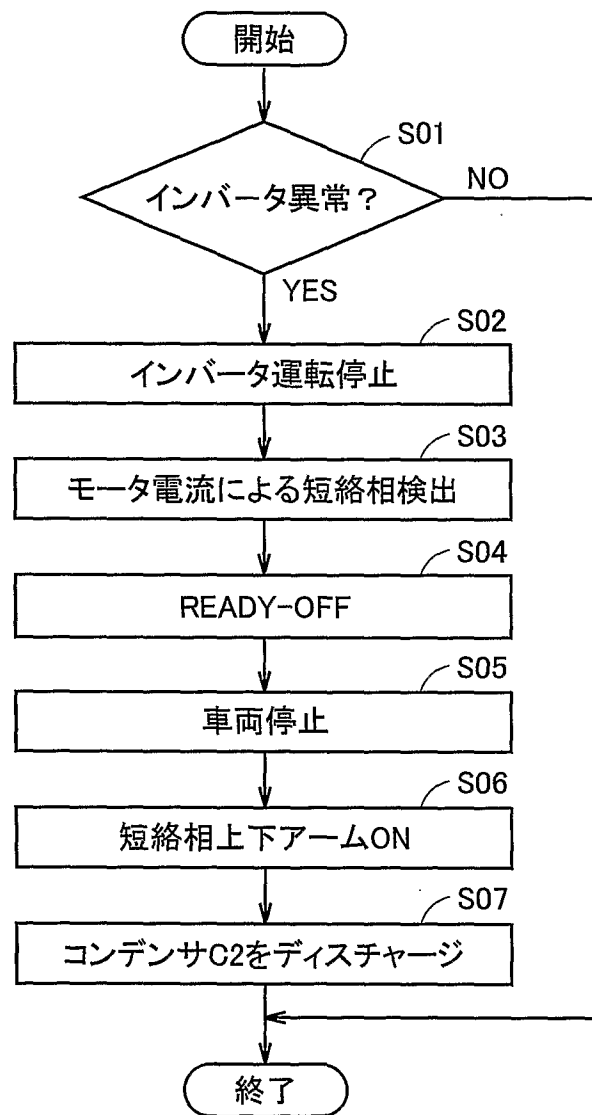


FIG.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/066712

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M7/48 (2007.01) 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)

H02M7/48

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
Y	JP 2006-87175 A (Toyota Motor Corp.), 30 March, 2006 (30.03.06), Par. Nos. [0013], [0022] to [0036]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-5
Y	JP 2003-348856 A (Mitsubishi Electric Corp.), 05 December, 2003 (05.12.03), Par. Nos. [0019] to [0031]; Fig. 1 (Family: none)	1-5
Y	JP 8-149868 A (Meidensha Corp.), 07 June, 1996 (07.06.96), Par. Nos. [0019] to [0035]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-5



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
12 November, 2007 (12.11.07)

Date of mailing of the international search report
20 November, 2007 (20.11.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/066712

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-158173 A (Toyota Motor Corp.), 15 June, 2006 (15.06.06), Par. Nos. [0038] to [0041]; Fig. 1 (Family: none)	5
A	JP 9-163756 A (Toyota Motor Corp.), 20 June, 1997 (20.06.97), Par. Nos. [0004], [0013] to [0015]; Fig. 1 (Family: none)	1-5
P,A	JP 2007-116790 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 May, 2007 (10.05.07), Par. Nos. [0036] to [0049]; Figs. 4 to 5 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02M7/48 (2007. 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（I P C）） Int.Cl. H02M7/48			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 7 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 7 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 7 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 請求の範囲の番号	
Y	JP 2006-87175 A（トヨタ自動車株式会社）2006. 03. 30, 段落【0013】、【0022】－【0036】、図1－4（ファミリーなし）	1-5	
Y	JP 2003-348856 A（三菱電機株式会社）2003. 12. 05, 段落【0019】－【0031】、図1（ファミリーなし）	1-5	
Y	JP 8-149868 A（株式会社明電舎）1996. 06. 07, 段落【0019】－【0035】、図1－3（ファミリーなし）	1-5	
☒ 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 1 2 . 1 1 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 2 0 . 1 1 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 安池 一貴 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8	3 V 9 1 5 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求の範囲の番号
Y	JP 2006-158173 A (トヨタ自動車株式会社) 2006.06.15, 段落【0038】－【0041】, 図1 (ファミリーなし)	5
A	JP 9-163756 A (トヨタ自動車株式会社) 1997.06.20, 段落【0004】, 【0013】－【0015】, 図1 (ファミリーなし)	1-5
P, A	JP 2007-116790 A (日産自動車株式会社) 2007.05.10, 段落【0036】－【0049】, 図4－5 (ファミリーなし)	1-5