

(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
2018年9月27日(27.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/173469 A1

(51) 国際特許分類:

H02P 25/22 (2006.01) H02P 27/06 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01) B62D 101/00 (2006.01)
B62D 6/00 (2006.01) B62D 119/00 (2006.01)
H02M 7/48 (2007.01) B62D 137/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/002234

(22) 国際出願日: 2018年1月25日(25.01.2018)

(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 2017-057049 2017年3月23日(23.03.2017) 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: 木村 誠(KIMURA, Makoto); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).
板橋 正樹(ITABASHI, Masaki); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (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,

(54) Title: MOTOR SYSTEM

(54) 発明の名称: モータシステム

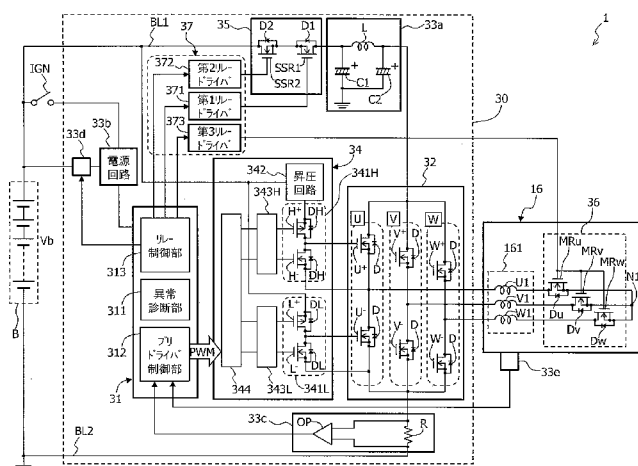


FIG. 3:

- 33b Power supply circuit
- 311 Abnormality diagnosis unit
- 312 Pre-driver control unit
- 313 Relay control unit
- 342 Booster circuit
- 371 First relay driver
- 372 Second relay driver
- 373 Third relay driver

(57) Abstract: A motor system has a first solid-state relay and a second solid-state relay that are disposed sequentially from an inverter toward an in-vehicle battery and are connected in series between the inverter and the in-vehicle battery, said inverter controlling the energization of a first winding set of a motor, said in-vehicle battery supplying power to the inverter. The first solid-state relay has a first diode, the forward direction of which is a direction from the in-vehicle battery toward the inverter. The second solid-state relay has a second diode, the forward direction of which is a direction from the inverter toward the in-vehicle battery. A motor relay is connected to the first winding set in each phase, said motor relay having a third diode, the forward direction of which is a direction from a neutral point toward the inverter. When interrupting the supply of power from the in-vehicle battery to the inverter, the first solid-state relay is turned off after turning off the motor relay.

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: モータシステムは、モータの第1巻線組への通電を制御するインバータとインバータに電力を供給する車載バッテリーとの間で、インバータから車載バッテリーに向けて順に配置されて直列接続された第1のソリッドステートリレーおよび第2のソリッドステートリレーを有する。第1のソリッドステートリレーは、車載バッテリーからインバータに向かう方向を順方向とする第1のダイオードを有し、第2のソリッドステートリレーは、インバータから車載バッテリーに向かう方向を順方向とする第2のダイオードを有している。第1巻線組には、各相において中性点からインバータに向かう方向を順方向とする第3のダイオードを有するモータリレーが接続されている。そして、車載バッテリーからインバータへの電力の供給を遮断するとき、モータリレーをオフ状態にした後に、第1のソリッドステートリレーをオフ状態にする。

明 細 書

発明の名称： モータシステム

技術分野

[0001] 本発明は、モータと、モータの複数のステータコイルに対する通電を制御するコントローラと、を備えたモータシステムに関する。

背景技術

[0002] 従来のモータシステムとして、例えば、特許文献1に記載されるように、モータによって操舵補助力を発生させる電動パワーステアリング装置のモータシステムが知られている。かかるモータシステムでは、車載バッテリーとインバータとの間に、半導体スイッチング素子からなる2つの電源リレーを直列接続して設けてある。この2つの電源リレーでは、インバータ側の電源リレーが、その寄生ダイオードを車載バッテリーからインバータに向かう方向を順方向として配置されている。また、車載バッテリー側の電源リレーが、その寄生ダイオードをインバータから車載バッテリーに向かう方向を順方向として配置されている。

[0003] 特許文献1に記載されるモータシステムでは、異常が発生したときのフェールセーフ処理としてモータの複数のステータコイルに対する電力供給を遮断する場合に、外力に起因したロータの回転によってモータに逆起電力が発生する。この逆起電力による電流を車載バッテリーへ回生できるように、当該モータシステムでは、インバータ側の電源リレーをオン状態としつつ車載バッテリー側の電源リレーをオフ状態としている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-215040号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、インバータ側の電源リレーをオン状態としつつ車載バッテリー側の

電源リレーをオフ状態とすると、モータと車載バッテリーとの間に閉回路が形成される。このため、外力に起因したロータの回転中にモータに発生した逆起電力による電流は、車載バッテリー側の電源リレーやインバータの半導体スイッチング素子における寄生ダイオードを継続的に流れる。したがって、逆起電力による電流が、電源リレーやインバータの半導体スイッチング素子の耐久性に影響を与えるおそれがある。

[0006] そこで、本発明は以上のような問題点に鑑み、外力に起因したロータの回転によりモータに発生した逆起電圧の回生を可能にしつつ、耐久性を向上させたモータシステム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

[0007] 本発明の一態様によれば、モータシステムは、モータの複数のステータコイルへの通電を制御するインバータと当該インバータに電力を供給するバッテリーとの間で、インバータ側から順に配置されて直列接続された第1のソリッドステートリレーおよび第2のソリッドステートリレーを有し、第1のソリッドステートリレーが、バッテリーからインバータに向かう方向を順方向とする第1のダイオードを有し、第2のソリッドステートリレーが、インバータからバッテリーに向かう方向を順方向とする第2のダイオードを有している。そして、バッテリーからインバータへの電力の供給を遮断するとき、複数のステータコイルの夫々に設けられた複数のモータリレーをオフ状態にした後に、第1のソリッドステートリレーをオフ状態にする。

発明の効果

[0008] 本発明のモータシステムによれば、外力に起因したロータの回転によりモータに発生した逆起電圧の回生を可能にしつつ、耐久性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態に係るモータシステムを適用した電動パワーステアリング装置を示す概略図である。

[図2]同モータシステムを示す概略図である。

[図3]同モータシステムの第1通電系統を示す回路図である。

[図4]同モータシステムにおけるリレー制御処理を示すフローチャートである

。

[図5]同モータシステムにおけるリレー制御処理を示すタイムチャートである

。

[図6]第2実施形態に係るモータシステムの第1通電系統を示す回路図である

。

[図7]同モータシステムにおけるリレー制御処理を示すフローチャートである

。

[図8]第3実施形態に係るモータシステムの第1通電系統を示す回路図である

。

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。

[第1実施形態]

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

[0011] (電動パワーステアリング装置)

車両100の電動パワーステアリング装置10は、ステアリングホイール11と、ステアリングシャフト12と、ピニオンシャフト13と、ピニオンギア14と、ラックギア15と、を備えている。ステアリングホイール11には運転者の操舵操作力が入力され、ステアリングホイール11はステアリングシャフト12に接続されている。ピニオンシャフト13は、第1の自在継手J1、中間シャフトMS、第2の自在継手J2およびステアリングシャフト12を介してステアリングホイール11に接続されている。ピニオンギア14はピニオンシャフト13の先端に接続され、ラックギア15はピニオンギア14と噛合してピニオンギア14の回転運動を直線運動に変換する。

[0012] また、電動パワーステアリング装置10は、モータ16と、減速機17と

、操舵トルクセンサ１８と、車速センサ１９と、モータ制御装置２０と、を備えている。モータ１６は操舵補助力の発生源として用いられ、減速機１７は、モータ１６の回転軸１６ａと接続されて、回転軸１６ａの回転速度を減速してラックギア１５に伝達する。操舵トルクセンサ１８は、ピニオンシャフト１３（またはステアリングシャフト１２）の捩れ角度に基づいて操舵トルクを検出し、車速センサ１９は車両１００の車速を検出する。モータ制御装置２０は、操舵トルクセンサ１８および車速センサ１９に電氣的に接続され、モータ１６の回転駆動を制御する。そして、モータ１６及びモータ制御装置２０によりモータシステム１が構成されている。

[0013] ステアリングホイール１１を操作すると、ステアリングホイール１１の回転力が、ステアリングシャフト１２、第２の自在継手Ｊ２、中間シャフトＭＳ、第１の自在継手Ｊ１、ピニオンシャフト１３およびピニオンギア１４を介してラックギア１５に伝達される。これにより、ラックギア１５が車両１００の車幅方向に直線運動する。ラックギア１５の両端は、一对の操向輪１０１ａ、１０１ｂを操舵する一对の操舵機構１０２ａ、１０２ｂと接続され、ラックギア１５が車幅方向に直線運動することで一对の操向輪１０１ａ、１０１ｂの向きを変えることができる。このとき、モータ制御装置２０は、操舵トルクセンサ１８からの出力信号ＳＴおよび車速センサ１９からの出力信号ＶＳＰを入力して、出力信号ＳＴおよび出力信号ＶＳＰに基づいてモータ１６を回転駆動し、車両１００の運転状態に応じた操舵補助力を発生させる。

[0014] （モータシステム）

図２は、モータシステム１の内部構成の一例を示す。モータ１６は、３相ブラシレスモータであり、ステータ（図示省略）と、ロータ１６Ｒと、を有している。ステータは、Ｕ相コイルＵ１、Ｖ相コイルＶ１、Ｗ相コイルＷ１の３相巻線からなる第１巻線組（複数のステータコイル）１６１、および、Ｕ相コイルＵ２、Ｖ相コイルＶ２、Ｗ相コイルＷ３の３相巻線からなる第２巻線組１６２の互いに独立した２組の巻線組を含んでいる。ロータ１６Ｒは

、ステータの中央部に回転可能に備えられた永久磁石回転子である。第1巻線組161および第2巻線組162は、互いに絶縁された状態でステータに巻き回され、磁気回路を共有している。

[0015] 第1巻線組161におけるU相コイルU1、V相コイルV1、W相コイルW1は、それぞれの一端が中性点N1で電氣的に接続されて、Y結線がなされている。第2巻線組162におけるU相コイルU2、V相コイルV2、W相コイルW3は、それぞれの一端が中性点N2で電氣的に接続されて、Y結線がなされている。

[0016] モータ制御装置20には、車載バッテリーBから電力供給を受けてモータ16の第1巻線組161に対する通電を制御する第1コントローラ30と、車載バッテリーBから電力供給を受けて第2巻線組162の通電を制御する第2コントローラ40と、が含まれている。

[0017] 第1コントローラ30および第2コントローラ40は、それぞれ、プロセッサ31、41を含み、各プロセッサ31、41は、操舵トルクセンサ18からの出力信号STおよび車速センサ19からの出力信号VSPを入力する。そして、各プロセッサ31、41は、現在の操舵トルクおよび車速から必要となる操舵補助力（目標操舵補助力）を演算し、モータ16が目標操舵補助力に応じた回転駆動力を発生するように、各巻線組161、162に対する通電を制御する。

[0018] より具体的には、第1コントローラ30から第1巻線組161に対する通電量と第2コントローラ40から第2巻線組162に対する通電量との比率である通電比率が50%対50%に予め設定されている。そして、第1コントローラ30および第2コントローラ40からの合計通電量によってモータ16が目標操舵補助力に応じた回転駆動力を発生するように、各プロセッサ31、41は、各巻線組161、162に対する通電を制御する。

[0019] また、第1コントローラ30のプロセッサ31は、第1コントローラ30および第1巻線組161を含む第1通電系統に異常（故障）が発生しているか否かを診断する異常診断機能を有している。同様に、第2コントローラ40

0のプロセッサ41は、第2コントローラ40および第2巻線組162を含む第2通電系統に異常が発生しているか否かを診断する異常診断機能を有している。

[0020] 第1コントローラ30のプロセッサ31と第2コントローラ40のプロセッサ41とは、通信線20Lを介して直接通信可能に接続されている。第1コントローラ30および第2コントローラ40の一方のプロセッサが異常診断機能により通電系統に異常が発生していると診断した場合には、異常が発生していると診断したプロセッサは以下のようにする。すなわち、異常が発生していると診断したプロセッサは、対応する巻線組への通電を停止する制御を行うとともに、正常な他方のプロセッサに対して通信線20Lを介して異常の発生を示す異常信号を送信する。異常信号を受信した正常な他方のプロセッサは、モータ16が、操舵操作を可能にする操舵補助力に応じた回転駆動力を発生するように、強制的に通電比率を50～100%のいずれかの所定値に設定して、対応する巻線組への通電を制御する。このように、モータシステム1は、モータ16に対する通電系統として、第1通電系統および第2通電系統の2つを有することで、冗長設計がなされている。第1通電系統および第2通電系統の構成は同様であるので、以下、モータシステム1において、モータ16の第1巻線組161及び第1コントローラ30を含む第1通電系統について詳述する。

[0021] (第1通電系統)

図3は、モータシステム1における第1通電系統の構成例を示す回路図である。第1通電系統は、前述のように、第1コントローラ30および第1巻線組161を含んでいる。第1コントローラ30は、モータ16の第1巻線組161への通電を制御するインバータ32を有している。インバータ32は、正極側給電線BL1を介して車載バッテリーBの正極と接続されて電力供給を受け、負極側給電線BL2を介して車載バッテリーBの負極と接続されるとともに、グランド接続がなされている。

[0022] 第1コントローラ30の正極側給電線BL1には、インバータ32と車載

バッテリーBとを接続するコイルLの両端に、それぞれグランド接続された2つのコンデンサC1, C2を接続してなる平滑回路33aが設けられている。これにより、インバータ32には、車載バッテリーBの電源電圧Vbから平滑回路33aを介してリップル電圧が低減された状態で電力が供給されるようになっている。また、第1コントローラ30の正極側給電線BL1には、イグニッションスイッチIGNを介して車載バッテリーBの電源電圧Vbを入力して、第1コントローラ30の各部における必要電圧を出力する電源回路33bが接続されている。

[0023] 第1コントローラ30の負極側給電線BL2には、インバータ32とグランドとを接続するシャント抵抗Rの両端と、増幅器OPの2つの入力端子と、を接続してなる電流検出回路33cが設けられている。この電流検出回路33cは、車載バッテリーBからモータ16の第1巻線組161に供給された電流を検出する。増幅器OPは、その出力端子から、シャント抵抗Rの両端の電位差に相当する電圧を検出電流値として出力する。

[0024] インバータ32は、車載バッテリーBの正極側給電線BL1と負極側給電線BL2との間において、U相アーム、V相アームおよびW相アームが並列に接続されて、3相ブリッジ回路を構成している。U相アームは、上アーム側のスイッチング素子U⁺および下アーム側のスイッチング素子U⁻を直列接続して成る。V相アームは、上アーム側のスイッチング素子V⁺および下アーム側のスイッチング素子V⁻を直列接続して成る。W相アームは、上アーム側のスイッチング素子W⁺および下アーム側のスイッチング素子W⁻を直列接続して成る。

[0025] したがって、インバータ32において、一端が中性点N1に接続されるU相コイルU1の他端は、U相アームのスイッチング素子U⁺およびスイッチング素子U⁻の間に接続されている。また、一端が中性点N1に接続されるV相コイルV1の他端は、V相アームのスイッチング素子V⁺およびスイッチング素子V⁻の間に接続されている。さらに、一端が中性点N1に接続されるW相コイルW1の他端は、W相アームのスイッチング素子W⁺およびスイッチング

素子 W^- の間に接続されている。

[0026] インバータ32のスイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- は、それぞれ、その制御端子に制御信号を入力することでオン・オフ動作する半導体素子である。インバータ32のスイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- では、モータ16で生じた逆起電圧を車載バッテリーBに回生するための還流ダイオードDが逆並列に接続されている。例えば、スイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- として、制御信号が入力されるゲート電極を備えたNチャネル型MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) が用いられる。したがって、モータ16で生じた逆起電圧は、MOSFETの製造過程でドレイン・ソース間に必然的に形成される寄生ダイオードを還流ダイオードDとして、正極側給電線BL1を介して車載バッテリーBに回生される。

[0027] なお、インバータ32のスイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- のオン状態とは、これらスイッチング素子を通して電流が流れる通電状態をいうものとする。また、インバータ32のスイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- のオフ状態とは、これらスイッチング素子を介した電流の流れが遮断される遮断状態をいうものとする。後述のソリッドステートリレー、モータリレー等のスイッチング素子についても同様である。

[0028] 第1コントローラ30は、インバータ32を駆動制御するプリドライバ34を有している。プリドライバ34は、インバータ32の上アーム側スイッチング素子 U^+ , V^+ , W^+ をオン・オフ動作させる上アーム側プッシュプル回路を各相アームについて個々に有している。また、プリドライバ34は、インバータ32の下アーム側スイッチング素子 U^- , V^- , W^- をオン・オフ動作させる下アーム側プッシュプル回路を各相アームについて個々に有している。各プッシュプル回路の出力は、対応するスイッチング素子のゲート電極に入力される。以下、プリドライバ34において、代表例として、U相アームのスイッチング素子 U^+ , U^- をオン・オフ動作させる構成について説明する。そして、図中には、上アーム側スイッチング素子 U^+ をオン・オフ動作させ

る上アーム側プッシュプル回路341Hと、下アーム側スイッチング素子U⁻をオン・オフ動作させる下アーム側プッシュプル回路341Lと、を示す。

[0029] 上アーム側プッシュプル回路341Hは、互いに直列接続されたハイサイドスイッチング素子H⁺およびローサイドスイッチング素子H⁻を有している。下アーム側プッシュプル回路341Lは、直列接続されたハイサイドスイッチング素子L⁺およびローサイドスイッチング素子L⁻を有している。本実施形態では、ハイサイドスイッチング素子H⁺、L⁺としてPチャネル型MOSFETを用いるとともに、ローサイドスイッチング素子H⁻、L⁻としてNチャネル型MOSFETを用いている。上アーム側プッシュプル回路341Hでは、ハイサイドスイッチング素子H⁺のドレイン電極とローサイドスイッチング素子H⁻のドレイン電極とインバータ32の上アーム側スイッチング素子U⁺におけるゲート電極とが相互に接続される。また、下アーム側プッシュプル回路341Lでは、ハイサイドスイッチング素子L⁺のドレイン電極とローサイドスイッチング素子L⁻のドレイン電極と下アーム側スイッチング素子U⁻におけるゲート電極とが相互に接続されている。

[0030] プリドライバ34には、正極側給電線BL1と接続され、車載バッテリーBの電源電圧V_bを昇圧して、車載バッテリーBの電源電圧V_bよりも高い昇圧電圧を生成する昇圧回路342が含まれる。昇圧回路342は、例えば、コンデンサ、ダイオードおよびスイッチで構成されるチャージポンプ回路である。上アーム側プッシュプル回路341Hでは、ハイサイドスイッチング素子H⁺のソース電極は昇圧回路342と接続されて、ハイサイドスイッチング素子H⁺のソース電圧を昇圧電圧としている。上アーム側プッシュプル回路341Hのローサイドスイッチング素子H⁻のソース電極は、U相アームのスイッチング素子U⁺およびスイッチング素子U⁻の間に接続されている。一方、下アーム側プッシュプル回路341Lでは、ハイサイドスイッチング素子L⁺のソース電極は、昇圧回路342ではなく、車載バッテリーBと接続されて、ハイサイドスイッチング素子L⁺のソース電圧を車載バッテリーBの電源電圧V_bとしている。下アーム側プッシュプル回路341Lのローサイドスイッチ

ング素子 L^- のソース電極は、U相アームにおいて下アーム側スイッチング素子 U^- のソース電極と接続されている。

[0031] 上アーム側プッシュプル回路341Hのハイサイドスイッチング素子 H^+ におけるソース電極を昇圧回路342と接続しているのは、以下の理由による。すなわち、仮に、上アーム側プッシュプル回路341Hからインバータ32の上アーム側スイッチング素子 U^+ におけるゲート電極へ出力される制御信号が車載バッテリーBの電源電圧 V_b 以下であるとする。このとき、モータ16の駆動状態によっては上アーム側スイッチング素子 U^+ のソース電圧が上昇して、上アーム側スイッチング素子 U^+ におけるゲート-ソース間電圧が上アーム側スイッチング素子 U^+ の閾値電圧を超えないことがあるからである。

[0032] プリドライバ34において、上アーム側プッシュプル回路341Hのハイサイドスイッチング素子 H^+ およびローサイドスイッチング素子 H^- の両ゲート端子は駆動回路343Hと接続されている。また、下アーム側プッシュプル回路341Lのローサイドスイッチング素子 L^- およびローサイドスイッチング素子 L^- の両ゲート端子は駆動回路343Lと接続されている。さらに、プリドライバ34において、駆動回路343H、343Lは論理回路344と接続され、論理回路344は、プロセッサ31から出力されたモータ制御信号に基づいて、駆動回路343H、343Lを制御するための駆動信号を生成する。

[0033] 駆動回路343Hは、論理回路344から出力される駆動信号に応じて、上アーム側プッシュプル回路341Hのハイサイドスイッチング素子 H^+ またはローサイドスイッチング素子 H^- のいずれか一方をオン状態にする。これにより、上アーム側プッシュプル回路341Hから上アーム側スイッチング素子 U^+ のゲート電極には、昇圧電圧または上アーム側スイッチング素子 U^+ のソース電圧が出力され、上アーム側スイッチング素子 U^+ のオン・オフ動作が制御される。

[0034] 同様に、駆動回路343Lは、論理回路344から出力される駆動信号に応じて、下アーム側プッシュプル回路341Lのハイサイドスイッチング素

子 L^+ またはローサイドスイッチング素子 L^- のいずれか一方をオン状態にする。これにより、下アーム側プッシュプル回路341Lから下アーム側スイッチング素子 U^- のゲート電極には、車載バッテリーBの電源電圧 V_b またはグラウンド電圧が出力され、下アーム側スイッチング素子 U^- のオン・オフ動作が制御される。

[0035] 第1コントローラ30は、電源リレー35、モータリレー36および自己遮断リレー33dを有している。電源リレー35は、車載バッテリーBとインバータ32との間の正極側給電線 $BL1$ に設けられ、車載バッテリーBが極性を反対にして誤接続される逆接状態での短絡電流を遮断する第1ソリッドステートリレー（以下、「SSR1」という）と、第1コントローラ30の異常時に第1巻線組161への通電を停止する第2ソリッドステートリレー（以下、「SSR2」という）と、を有している。SSR1およびSSR2は、この順番でインバータ32から車載バッテリーBに向けて配置されて直列接続されている。

[0036] SSR1およびSSR2は、それぞれ可動接点部を有さない無接点リレーであり、例えば、サイリスタ、トライアック、ダイオード、トランジスタ等、半導体スイッチング素子を使用して構成される。SSR1およびSSR2としては、Nチャネル型MOSFETを用いることができる。この場合、SSR1のソース電極とSSR2のソース電極が接続され、SSR1のドレイン電極は平滑回路33aを介してインバータ32と接続され、SSR2のドレイン電極は車載バッテリーBの正極と接続される。したがって、SSR1の寄生ダイオードD1は、車載バッテリーBの正極からインバータ32へ向かう方向を順方向とする第1のダイオードをなし、SSR2の寄生ダイオードD2は、インバータ32から車載バッテリーBの正極へ向かう方向を順方向とする第2のダイオードをなす。

[0037] 第1コントローラ30により第1巻線組161へ通電する場合には、SSR1およびSSR2はオン状態にされる。一方、第1コントローラ30の故障時に第1巻線組161への通電を停止する場合には、SSR2はオフ状態

にされ、かつ、SSR1はオン状態に維持される。これは、第1コントローラ30が第1巻線組161へ通電を行わない場合でも、モータ16に加わる外部からの回転力や、第2コントローラ40から第2巻線組162への通電（図2参照）によってモータ16に発生する逆起電圧を、SSR1のチャンネル部とSSR2の寄生ダイオードD2を介して車載バッテリーBへ回生させるためである。

[0038] また、車載バッテリーBが逆接状態となった場合、電源リレー35がSSR2のみで構成されていると、車載バッテリーB、グラウンド、インバータ32のスイッチング素子 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 、 W^- における還流ダイオードD、および、SSR2の寄生ダイオードD2を介した閉回路が形成されて短絡電流が流れてしまう。これに対し、SSR2とインバータ32との間に電源リレー35としてSSR1を追加することによって、車載バッテリーBの逆接状態における短絡電流を遮断できるようになっている。

[0039] モータリレー36は、モータ16の各相コイルへの通電を遮断するものであり、第1巻線組161とインバータ32との間に設けられている。モータリレー36は、モータ16において、U相モータリレーMR_u、V相モータリレーMR_vおよびW相モータリレーMR_wの3つのリレーを有している。U相モータリレーMR_uは中性点N1とU相コイルU1との間に設けられ、V相モータリレーMR_vは中性点N1とV相コイルV1との間に設けられ、W相モータリレーMR_wは中性点N1とW相コイルW1との間に設けられている。

[0040] モータリレー36は、SSR1およびSSR2と同様に、可動接点部を有さない無接点リレーであり、半導体スイッチング素子を使用して構成される。モータリレー36としては、Nチャンネル型MOSFETを用いることができ、この場合、各リレーのソース電極が中性点N1で互いに接続される。したがって、U相モータリレーMR_uの寄生ダイオードD_u、V相モータリレーMR_vの寄生ダイオードD_vおよびW相モータリレーMR_wの寄生ダイオードD_wは、それぞれ、アノードが中性点N1側に配置され、中性点N1か

ら各相コイルへ向かう方向を順方向とする第3のダイオードをなす。

[0041] 自己遮断リレー33dは、イグニッションスイッチIGNと並列に、正極側給電線BL1と電源回路33bとの間を接続し、プロセッサ31からの制御信号に応じて、オン・オフ動作するように構成されている。自己遮断リレー33dのオン状態では、車載バッテリーBからの電源電圧Vbが電源回路33bへ入力される一方、自己遮断リレー33dのオフ状態では、車載バッテリーBからの電源電圧Vbが遮断される。

[0042] 前述のプリドライバ34における論理回路344は、CPU (Central Processing Unit) またはMPU (Micro-Processing Unit) 等の演算処理装置であるプロセッサ31と接続されている。プロセッサ31は、電源回路33bからの出力電圧を電源として動作する。プロセッサ31は、前述の異常診断機能を実行する異常診断部311を有する他、プリドライバ制御部312及びリレー制御部313を有している。

[0043] プリドライバ制御部312は、プリドライバ34の論理回路344へ出力するためのモータ制御信号を演算する。モータ制御信号は、プロセッサ31において前述のように演算した目標操舵補助力に応じた回転駆動力（駆動電流）を発生するように、各種信号に基づいて演算される。各種信号には、電流検出回路33cの増幅器OPからの出力信号、モータ16のロータ16R（図2参照）の磁極位置を検出する磁極位置センサ33eからの出力信号が含まれる。図中では、モータ制御信号として、パルス幅を変調させるPWM (Pulse Width Modulation) 信号が例示されている。かかるPWM信号によって、スイッチング素子U⁺, U⁻, V⁺, V⁻, W⁺, W⁻のオン・オフ時間比率を規定するデューティを変化させて、モータ16の相電流を変化させている。

[0044] リレー制御部313は、電源リレー35、モータリレー36および自己遮断リレー33dを制御する。より具体的には、リレー制御部313は、リレードライバ37を介して電源リレー35およびモータリレー36の各スイッチング素子の制御端子に制御信号を出力する。リレードライバ37は、電源

リレー 35 の SSR 1 を駆動する第 1 リレードライバ 371、電源リレー 35 の SSR 2 を駆動する第 2 リレードライバ 372、および、モータリレー 36 を駆動する第 3 リレードライバ 373 を有している。

[0045] また、リレー制御部 313 は、イグニッションスイッチ IGN がオフ操作されたことを検知できるように構成されている。これにより、リレー制御部 313 は、イグニッションスイッチ IGN のオフ操作を検知したときに自己遮断リレー 33d のオン状態を継続して、電源回路 33b からプロセッサ 31 等への電源供給を継続するようにしている。そして、リレー制御部 313 は、イグニッションスイッチ IGN のオフ操作を検知してから所定時間 T_{off} が経過した後に自己遮断リレー 33d をオフ状態にする。

[0046] (リレー制御処理)

図 4 は、イグニッションスイッチ IGN のオン操作により、電源回路 33b からプロセッサ 31 に対して電源供給が開始されたことを契機として、プロセッサ 31 において実行されるリレー制御処理の一例を示す。なお、図 5 の例示的なタイミングチャートにおいて、イグニッションスイッチ IGN のオン操作は時刻 t_0 で行われる。以下、図 5 のタイミングチャートを参照しつつ、図 4 のリレー制御処理について説明する。

[0047] ステップ S1 (図中では「S1」と略記する。以下同様。)では、リレー制御部 313 が、図 5 の時刻 t_1 において、第 1 リレードライバ 371 に対して SSR 1 をオン状態にする制御信号を出力する (SSR 1 のオン制御)。これにより、SSR 1 はターンオンの遅延時間等により時刻 t_2 でオン状態となる。

[0048] イグニッションスイッチ IGN のオン操作時に、SSR 1、SSR 2、モータリレー 36 のうち、SSR 1 を最初にオン状態とする理由は、以下の通りである。すなわち、SSR 1 がオン状態となっていない場合には、モータ 16 にインバータ 32 を介して通電する前にロータ 16R が外力によって回転していると、モータ 16 に発生する逆起電圧が、SSR 1 のチャネル部を介して車載バッテリー B に回生されない。このため、例えば、モータ 16 に発

生した逆起電圧が、ブリドライバ34におけるハイサイドスイッチング素子 H^+ 、 L^+ の寄生ダイオード D_H を介して昇圧回路342を損傷する等、ブリドライバ34を損傷させるおそれがある。そこで、リレー制御部313は、SSR1を可及的速やかにオン状態とすることで、モータ16の逆起電圧を、インバータ32におけるスイッチング素子 U^+ 、 V^+ 、 W^+ の還流ダイオード D 、SSR1のチャネル部及びSSR2の寄生ダイオード D_2 を介して、車載バッテリーBへ回生できるようにしている。これにより、ブリドライバ34が損傷する可能性を低減している。

[0049] ステップS1の実行によりSSR1がオン状態になっても、時刻 t_5 まではモータリレー36はオフ状態である。このとき、ロータ16Rが外力によって回転していると、第1巻線組161の各相コイルには逆起電圧が発生する。例えば、U相コイル U_1 の逆起電圧がU相コイル U_1 よりも中性点 N_1 側で正となり、V相コイル V_1 の逆起電圧がV相コイル V_1 よりも中性点 N_1 側で負となり、W相コイル W_1 の逆起電圧がW相コイル W_1 よりも中性点 N_1 側で負となる。しかし、逆起電圧によりグラウンドから寄生ダイオード D およびV相コイル V_1 を介して中性点 N_1 に向かう電流は、寄生ダイオード D_v で遮断される。また、逆起電圧によりグラウンドから寄生ダイオード D およびW相コイル W_1 を介して中性点 N_1 に向かう電流は、寄生ダイオード D_w で遮断される。したがって、モータリレー36の寄生ダイオード D_u 、 D_v 、 D_w によって、モータ16が実質的に発電機として作動することが阻害される。

[0050] なお、モータ16にインバータ32を介して通電する前にロータ16Rが外力によって回転する場合としては以下のような状況が想定される。例えば、整備工場等において車両100をリフトアップした状態でステアリングホイール11を回転させているときに、イグニッションスイッチIGNをオン操作する状況が想定される。

[0051] ステップS2では、リレー制御部313がSSR1のオン制御から所定時間 T_1 が経過したか否かを判定する。ここで、所定時間 T_1 は、SSR1の

オン制御を行う時刻 t_1 から $SSR1$ が実際にオン状態となる時刻 t_2 までの時間より長く、かつ、モータ 16 の逆起電力が、 $SSR1$ を介して車載バッテリー B に回生されてブリドライバ 34 を損傷させない電圧に低下するまでの推定時間である。所定時間 T_1 は予め ROM (Read Only Memory) 等に記憶されている。モータ 16 の逆起電圧が車載バッテリー B に回生されてブリドライバ 34 を損傷させないレベルまで低下していると推定できる基準の一例として、 $SSR1$ とインバータ 32 との間の正極側給電線 BL1 の電圧が車載バッテリー B の電源電圧 V_b と等しくなっていることがあげられる。

[0052] そして、ステップ S2 において、リレー制御部 313 は、 $SSR1$ のオン制御から所定時間 T_1 が経過したと判定した場合には (YES)、処理をステップ S3 へ進める一方、 $SSR1$ のオン制御から所定時間 T_1 が経過していないと判定した場合には (NO)、ステップ S2 を再度行う。

[0053] ステップ S3 では、リレー制御部 313 が、図 5 の時刻 t_3 において、第 3 リレードライバ 373 に対してモータリレー 36 をオン状態にする制御信号を出力する (MR のオン制御)。これにより、モータリレー 36 はターンオンの遅延時間等により時刻 t_5 でオン状態となる。

[0054] モータリレー 36 がオン状態となると、モータ 16 と車載バッテリー B との間に、第 1 巻線組 161 から始まって再び第 1 巻線組 161 へ戻る閉回路が形成される。この閉回路は、上アーム側スイッチング素子 U^+ , V^+ , W^+ の寄生ダイオード D、 $SSR1$ のチャネル部、 $SSR2$ の寄生ダイオード D2、車載バッテリー B、グランドおよび下アーム側スイッチング素子 U^- , V^- , W^- の寄生ダイオード D を通る回路である。モータ 16 のロータ 16R が外力によって回転していると、モータ 16 が実質的に発電機として作動する。モータ 16 の発電による電流は、インバータ 32 におけるスイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- の還流ダイオード D、 $SSR2$ の寄生ダイオード D2 およびモータリレー 36 の寄生ダイオード D_u , D_v , D_w を継続的に流れる。したがって、還流ダイオード D、寄生ダイオード D2 および寄生ダイオード D_u , D_v , D_w の順方向電圧によっては発熱が過大となって、ス

スイッチング素子 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 、 W^- 、SSR2およびモータリレー36を損傷させるおそれがある。このため、モータリレー36がオン状態となる時刻 t_5 は、モータ16が実質的に発電機として作動する時間を短縮すべく、SSR1がオン状態となる時刻 t_2 後の以下のタイミングとなるように設定される。すなわち、時刻 t_5 は、プリドライバ制御部312からのモータ制御信号の出力により第1巻線組161に対する通電が開始されるタイミング（図5の時刻 t_{pwm} ）と同時またはこれにできるだけ近くなるように設定される。

[0055] ステップS4では、リレー制御部313が、図5の時刻 t_4 において、第2リレードライバ372に対してSSR2をオン状態にする制御信号を出力する（SSR2のオン制御）。これにより、SSR2はターンオンの遅延時間等により時刻 t_6 においてオン状態となる。このとき、インバータ32（すなわちスイッチング素子 U^+ 、 V^+ 、 W^+ のドレイン電極）には、車載バッテリーBの電源電圧 V_b が印加される。

[0056] ここで、リレー制御部313がSSR2をオン状態にする制御信号を出力する時刻 t_4 について説明する。イグニッションスイッチIGNがオン操作されて、電源回路33bからプロセッサ31へ電源供給が開始されると、プロセッサ31の異常診断部311において、第1通電系統に異常が発生しているか否かを診断する異常診断機能の実行が開始される。仮に、同一相の上アーム側スイッチング素子（例えば U^+ ）および下アーム側スイッチング素子（例えば U^- ）が短絡故障した状態でSSR2がオン状態となっていると、過大な電流が車載バッテリーBから第1通電系統を介してグラウンドへ流れるおそれがある。あるいは、SSR2とインバータ32との間における正極側給電線BL1に地絡が発生した状態でSSR2がオン状態となっていると、過大な電流が車載バッテリーBから第1通電系統を介してグラウンドへ流れるおそれがある。このため、リレー制御部313がSSR2をオン状態にする制御信号を出力する時刻 t_4 は、異常診断部311による最初の診断が終了した後に設定される。そして、リレー制御部313は、時刻 t_4 において、異常診

断部 3 1 1 による診断結果に応じて S S R 2 をオン状態にするか否かを決定する。これにより、第 1 通電系統に異常が発生している場合に、過大な電流が車載バッテリー B から第 1 通電系統を介してグランドへ流れることを抑制している。

[0057] ステップ S 1 ～ S 4 により、リレー制御部 3 1 3 が、S S R 1、モータリレー 3 6 および S S R 2 をオン状態にした後、プリドライバ制御部 3 1 2 は、モータ制御信号をプリドライバ 3 4 へ出力して、モータ 1 6 の第 1 巻線組 1 6 1 に対する通電を制御する。モータ制御信号は、前述のように、例えば、U 相のモータ制御信号としての U 相 PWM 信号、V 相のモータ制御信号としての V 相 PWM 信号および W 相のモータ制御信号としての W 相 PWM 信号である。

[0058] ステップ S 5 では、リレー制御部 3 1 3 が、異常診断フラグ F が異常を示すものであるか否かを判定する。異常診断フラグ F は、プロセッサ 3 1 の異常診断部 3 1 1 が所定のタイミングで異常診断機能を実行したときに、診断の結果、第 1 通電系統の状態として記憶される状態フラグであり、R A M (R a n d o m A c c e s s M e m o r y) 等の書き込み可能なメモリに記憶される。例えば、異常診断部 3 1 1 が第 1 通電系統に異常が発生していると診断した場合には異常診断フラグ F の値を 1 に設定する一方、第 1 通電系統が正常であると診断した場合には異常診断フラグ F の値を零に設定する。そして、リレー制御部 3 1 3 は、異常診断フラグ F が異常を示す値（例えば 1）であると判定した場合には（Y E S）、処理をステップ S 6 へ進める。一方、リレー制御部 3 1 3 は、異常診断フラグ F が正常を示す値（例えば零）であると判定した場合には（N O）、処理をステップ S 1 0 へ進める。

[0059] なお、ステップ S 5 において異常診断フラグ F が異常を示す値であると判定された場合、プリドライバ制御部 3 1 2 は、プリドライバ 3 4 に対してモータ制御信号（U 相 PWM 信号、V 相 PWM 信号、W 相 PWM 信号）の出力を停止する。これにより、インバータ 3 2 のスイッチング素子 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 、 W^- をオフ状態にしている。これは、後述するステップにおいて

、イグニッションスイッチ I G N をオフ操作したと判定された場合も同様である。

[0060] ステップ S 6 では、リレー制御部 3 1 3 が、図 5 の時刻 t 7 において、第 2 リレードライバ 3 7 2 に対して S S R 2 をオフ状態にする制御信号（オフ指令）を出力する（S S R 2 のオフ制御）。これにより、S S R 2 はターンオフの遅延時間等により時刻 t 9 でオフ状態となる。時刻 t 9 において S S R 2 が最初にオフ状態となることで、異常診断部 3 1 1 により異常と診断された第 1 通電系統による通電を可及的速やかに停止し、過大な電流が車載バッテリー B からインバータ 3 2 を介してグラウンドへ流れることを抑制している。

[0061] 過大な電流が流れる場合としては、ステップ S 5 において異常診断フラグ F が異常を示す値であると判定されてからモータ制御信号の出力を停止するまでの時間が長くなることで発生する以下の状況が考えられる。例えば、ある 1 相のアームにおいて、一方のスイッチング素子（例えば U⁺）が短絡故障しているときに、他方のスイッチング素子（例えば U⁻）が P W M 信号によってオン状態となってアーム短絡が発生する状況が考えられる。また、ある 1 相のコイル（例えば U 相コイル U 1）とインバータ 3 2 の対応相のアーム（U 相アーム）との間における通電線に地絡が発生しているときに、地絡が発生している相の上アーム側スイッチング素子が P W M 信号によってオン状態となる状況が考えられる。

[0062] ステップ S 7 では、リレー制御部 3 1 3 が、図 5 の時刻 t 8 において、第 3 リレードライバ 3 7 3 に対してモータリレー 3 6 をオフ状態にする制御信号（オフ指令）を出力する（M R のオフ制御）。これにより、モータリレー 3 6 はターンオフの遅延時間等により時刻 t 1 0 でオフ状態となる。

[0063] モータリレー 3 6 がオン状態では、モータ 1 6 と車載バッテリー B との間には前述の閉回路が形成され、モータ 1 6 のロータ 1 6 R が外力によって回転していると、モータ 1 6 が実質的に発電機として作動する。モータ 1 6 の発電による電流は、インバータ 3 2 におけるスイッチング素子 U⁺、U⁻、V⁺、V

U^- , W^+ , W^- の還流ダイオード D 、 $SSR2$ の寄生ダイオード $D2$ およびモータリレー36の寄生ダイオード Du , Dv , Dw を継続的に流れる。したがって、還流ダイオード D 、寄生ダイオード $D2$ および寄生ダイオード Du , Dv , Dw の順方向電圧によっては発熱が過大となって、スイッチング素子 U^+ , U^- , V^+ , V^- , W^+ , W^- 、 $SSR2$ およびモータリレー36を損傷させるおそれがある。このため、 $SSR1$ よりも先にモータリレー36をオフ状態にして、モータ16が実質的に発電機として作動する時間を短縮している。

[0064] 時刻 $t10$ 以降は、モータリレー36がオフ状態となるが、 $SSR1$ は未だオフ状態にされていない。このため、ロータ16Rが外力によって回転していても、モータ16に発生する逆起電圧は、スイッチング素子 U^+ , V^+ , W^+ の還流ダイオード D 、 $SSR1$ のチャネル部及び $SSR2$ の寄生ダイオード $D2$ を介して車載バッテリーBに回生される。これにより、プリドライバ34が損傷する可能性を低減している。

[0065] また、時刻 $t10$ 以降においてモータリレー36がオフ状態のときに、ロータ16Rが外力によって回転していても、前述した、モータリレー36がオン状態となる時刻 $t5$ までと同様に、モータリレー36の寄生ダイオード Du , Dv , Dw によって、モータ16が実質的に発電機として作動することが阻害される。

[0066] ステップS8では、リレー制御部313が、 $SSR2$ のオフ制御から所定時間 $T2$ が経過したか否かを判定する。ここで、所定時間 $T2$ は、 $SSR2$ のオフ制御を行う時刻 $t7$ から $SSR2$ が実際にオフ状態となる時刻 $t9$ までの時間より長い時間である。これに加えて、所定時間 $T2$ は、 $SSR2$ のオフ制御を行う時刻 $t7$ からモータ16の逆起電力がプリドライバ34を損傷させないレベルまで低下すると推定される時刻 $t11$ までの時間である。所定時間 $T2$ は予めROM (Read Only Memory) に記憶されている。モータ16の逆起電力がプリドライバ34を損傷させないレベルまで低下していると推定できる基準の一例として、 $SSR1$ とインバータ32との間の正極側

給電線B L 1の電位が車載バッテリーBの電源電圧V bと等しくなっていることがあげられる。

[0067] ただし、異常診断フラグFの値が異常を示す値である場合に、第1コントローラ30を介して第1巻線組161へ供給されていた電力を遮断しつつ、第2コントローラ40を介して第2巻線組162へ電力を供給して操舵補助力を発生させることが想定される。これはロータ16Rを継続的に回転させることを意味する。この場合においても、モータ16に発生する逆起電圧がSSR1のチャンネル部を介して車載バッテリーBへ回生されるようにする必要がある。したがって、ステップS8を実行するときに、異常診断フラグFの値が異常を示す値（例えば1）である場合には、イグニッションスイッチIGNがオフ操作されてから所定時間T2が経過したか否かを判定してもよい。

[0068] そして、ステップS8において、リレー制御部313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S9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S8を再度行う。

[0069] ステップS9では、リレー制御部313が、図5の時刻t11において、第1リレードライバ371に対してSSR1をオフ状態にする制御信号（オフ指令）を出力する（SSR1のオフ制御）。これにより、SSR1はターンオフの遅延時間等により時刻t12でオフ状態となる。

[0070] ステップS10では、リレー制御部313が、イグニッションスイッチIGNがオフ操作されたか否かを判定する。リレー制御部313は、イグニッションスイッチIGNがオフ操作されたと判定した場合には（YES）、処理をステップS6へ進める。そして、リレー制御部313は、イグニッションスイッチIGNのオフ操作から所定時間T_{off}が経過するまで、自己遮断リレー33dをオン状態にして、電源回路33bからプロセッサ31及びプリドライバ34への電源供給を継続する。所定時間T_{off}は、ステップS6～S9を実行するのに十分な時間である。一方、リレー制御部313は、イグニ

ッションスイッチ I G N がオフ操作されていないと判定した場合には (N O) 、ステップ S 5 へ戻る。なお、イグニッションスイッチ I G N がオフ操作されたと判定した後のタイミングチャートは、図 5 のタイミングチャートにおける異常発生後と略同様であるので図示を割愛する。

[0071] このような第 1 実施形態に係るモータシステム 1 によれば、車載バッテリー B からインバータ 3 2 への電力供給を遮断するとき、 S S R 1 をオン状態としつつ S S R 2 をオフ状態としている。これは、外力に起因したロータ 1 6 R の回転によってモータ 1 6 に逆起電圧が発生しても、これによる電流を車載バッテリー B へ回生できるようにするためである。そして、 S S R 1 をオフ状態とする前にモータリレー 3 6 をオフ状態にしている。これにより、モータ 1 6 と車載バッテリー B との間に形成される閉回路が遮断されて、モータ 1 6 が実質的に発電機として作動する時間を短縮している。したがって、モータ 1 6 の発電による電流が、 S S R 2 の寄生ダイオード D 2 やインバータ 3 2 におけるスイッチング素子 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 、 W^- の寄生ダイオード D を継続的に流れなくなる。このため、 S S R 1 やインバータ 3 2 の半導体スイッチング素子の耐久性に影響を与えにくくなり、ひいてはモータシステム 1 の耐久性が向上する。

[0072] また、モータリレー 3 6 をオフ状態にしてモータ 1 6 と車載バッテリー B との間に形成される閉回路が遮断されることで、ロータ 1 6 R の回転を阻害する電気ブレーキが作動しなくなる。このため、第 1 通電システムの異常時に、第 1 巻線組 1 6 1 へ供給されていた電力を遮断しつつ、第 2 巻線組 1 6 2 へ電力を供給して操舵補助力を発生させる場合に、操舵補助力の低下ひいては走行安定性の低下を抑制できる。

[0073] さらに、モータリレー 3 6 をオフ状態にした後も、 S S R 1 は S S R 2 のオフ制御から、あるいはイグニッションスイッチ I G N のオフ操作から所定時間 T 2 が経過するまではオン状態に維持されている。このため、モータ 1 6 に発生した逆起電圧は、 S S R 1 のチャネル部及び S S R 2 の寄生ダイオード D 2 を介して車載バッテリー B へ回生される。したがって、モータ 1 6 に

発生した逆起電圧が、ブリドライバ34を損傷する可能性を低減できる。

[0074] [第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態に係るモータシステムのうち、第1実施形態と異なる構成について説明する。なお、第1実施形態と同一構成については、同一符号を付すことでその説明を省略又は簡潔にする。以下の実施形態においても同様である。

[0075] 図6は、第2実施形態に係るモータシステムの一例を示す。第2実施形態に係るモータシステム1Aは、第1実施形態のモータシステム1と同様に、第1通電系統が、第1巻線組161および第1コントローラ30Aを含んでいる。第1コントローラ30Aは、リレードライバ37Aとして、電源リレー35のSSR1を駆動する第1リレードライバ371と、電源リレー35のSSR2およびモタリレー36を駆動する第2リレードライバ372Aと、を有している。

[0076] SSR2およびモタリレー36を駆動するリレードライバの共通化は、SSR2およびモタリレー36のオン制御・オフ制御を同時に行っても、SSR2およびモタリレー36が実際にオン状態・オフ状態となるタイミングが、図5のようになる場合に有効である。

[0077] 図7は、図4の第1実施形態に係るリレー制御処理と異なる部分を示している。プロセッサ31Aのリレー制御部313Aは、ステップS2においてリレー制御部313AがSSR1のオン制御から所定時間T1が経過したと判定した場合に、図7(a)のステップS3Aを実行する。すなわち、リレー制御部313Aは、ステップS3Aにおいて、第2リレードライバ372Aに対して、SSR2およびモタリレー36をオン状態にする制御信号を出力する(SSR2およびMRのオン制御)。そして、リレー制御部313Aは、処理をステップS5へ進める。また、リレー制御部313Aは、ステップS5において異常診断フラグFが異常を示す値であると判定した場合に、または、ステップS10においてイグニッションスイッチIGNがオフ操作されたと判定した場合に、図7(b)のステップS6Aを実行する。すな

わち、リレー制御部313Aは、ステップ6Aにおいて、第2リレードライバ372Aに対して、SSR2およびモータリレー36をオン状態にする制御信号を出力する（SSR2およびMRのオン制御）。そして、リレー制御部313Aは、処理をステップS7へ進める。

[0078] このような第2実施形態に係るモータシステム1Aでは、電源リレー35のSSR2およびモータリレー36を駆動するリレードライバを第2リレードライバ372Aで共通化している。したがって、モータシステム1Aによれば、第1実施形態と同様の効果を奏するだけでなく、リレー制御部313Aから出力される制御信号が減少して制御処理を簡素化するとともに、第1コントローラ30Aにおける基板実装面積を縮小することができる。

[0079] [第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態に係るモータシステムのうち、第1実施形態と異なる構成について説明する。図8は、第3実施形態に係るモータシステムの一例を示す。第3実施形態に係るモータシステム1Bは、第1実施形態のモータシステム1と同様に、第1通電系統が、第1巻線組161および第1コントローラ30Bを含んでいる。

[0080] モータリレー36Bは、第1実施形態のモータリレー36と異なり、第1巻線組161とインバータ32との間に設けられている。モータリレー36Bは、U相モータリレーMR_uB、V相モータリレーMR_vBおよびW相モータリレーMR_wBの3つのリレーを有している。U相モータリレーMR_uBはU相コイルU1とインバータ32との間に設けられ、V相モータリレーMR_vBはV相コイルV1とインバータ32との間に設けられ、W相モータリレーMR_wBはW相コイルW1とインバータ32との間に設けられている。

[0081] モータリレー36Bがオフ状態であるとき、ロータ16Rが外力によって回転していると、第1巻線組161の各相コイルには逆起電圧が発生する。例えば、U相コイルU1の逆起電圧がU相コイルU1よりもインバータ32側で正となり、V相コイルV1の逆起電圧がV相コイルVよりもインバータ

3 2 側で負となり、W相コイルW 1 の逆起電圧がW相コイルW 1 よりもインバータ3 2 側で負となる。しかし、逆起電圧によりグラウンドから寄生ダイオードD およびV相コイルV 1 を介して中性点N 1 に向かう電流は寄生ダイオードD v Bで遮断される。また、逆起電圧によりグラウンドから寄生ダイオードD およびW相コイルW 1 を介して中性点N 1 に向かう電流は寄生ダイオードD w Bで遮断される。

[0082] したがって、第3実施形態のモータシステム1 Bによれば、第1実施形態と同様に、モータリレー3 6 Bがオフ状態であるときに、モータリレー3 6 Bの寄生ダイオードD u B, D v B, D w Bによって、モータ1 6が実質的に発電機として作動することが阻害される。

[0083] なお、第1～第3実施形態において、モータシステム1, 1 A, 1 Bでは、所定の場合に、プリドライバ制御部3 1 2は、プリドライバ3 4に対してモータ制御信号（U相PWM信号、V相PWM信号、W相PWM信号）の出力を停止するものであった。所定の場合とは、ステップS 5において異常診断フラグFが異常を示す値であると判定された場合、あるいは、ステップS 1 0においてイグニッションスイッチI G Nをオフ操作したと判定された場合である。これに代えて、プリドライバ制御部3 1 2は、ステップS 5またはステップS 1 0を実行するときから、モータリレー3 6がオフ状態となるまでの間、以下のようにすることができる。すなわち、プリドライバ制御部3 1 2は、モータ1 6で発生した逆起電力が、車載バッテリーBからモータ1 6の第1巻線組1 6 1へ供給される供給電力を上回らないように、プリドライバ3 4に対してモータ制御信号を出力することができる。これにより、モータ1 6の逆起電力による電流がプリドライバ3 4へ流入することを抑制できる。

[0084] 例えば、プリドライバ制御部3 1 2は、電流検出回路3 3 cの増幅器OPからの出力信号に基づいて、車載バッテリーBからモータ1 6の第1巻線組1 6 1に供給される電流が零アンペアとなるように、プリドライバ3 4に対してモータ制御信号を出力することができる。

[0085] 第1～第3実施形態では、一例として、ステップS3により時刻 t_3 にモータリレー36のオン制御を行うと時刻 t_5 に実際にオン状態になり、ステップS4により時刻 t_4 にSSR2のオン制御を行うと時刻 t_6 に実際にオン状態となるものとして説明している。しかし、モータリレー36がオン状態になってからモータ16が実質的に発電機として作動し得る時間中の逆起電圧の影響や、異常診断部311による最初の診断が終了するタイミングを考慮して、以下のようにしてもよい。すなわち、モータリレー36およびSSR2がオン状態になるタイミングを同時にするか、あるいは順番を逆にしてもよい。また、モータリレー36およびSSR2が実際にオン状態となるタイミングや、モータリレー36およびSSR2の半導体スイッチング素子のターンオン遅延時間等を考慮して、以下のようにしてもよい。すなわち、モータリレー36およびSSR2のオン制御を行うタイミングを同時にするか、あるいは順番を逆にしてもよい。

[0086] また、第1～第3実施形態では、一例として、ステップS6により時刻 t_7 にSSR2のオフ制御を行うと時刻 t_9 に実際にオフ状態となり、ステップS7により時刻 t_8 にモータリレー36のオフ制御を行うと時刻 t_{10} に実際にオフ状態となるものとしている。しかし、モータリレー36がオン状態であるときにモータ16が実質的に発電機として作動し得る時間中の逆起電圧の影響や、モータ制御信号の出力停止タイミングの遅延による影響を考慮して、以下のようにしてもよい。すなわち、モータリレー36およびSSR2がオフ状態になるタイミングを同時にするか、あるいは順番を逆にしてもよい。また、モータリレー36およびSSR2が実際にオフ状態となるタイミングや、モータリレー36およびSSR2の半導体スイッチング素子のターンオフ遅延時間等を考慮して、以下のようにしてもよい。すなわち、モータリレー36およびSSR2のオフ制御を行うタイミングを同時にするか、あるいは順番を逆にしてもよい。

[0087] 異常診断部311が、第1通電系統における異常発生箇所を、インバータ32、プリドライバ34およびモータ16（第1巻線組161）の中から特

定できるように構成されている場合、以下のようにすることができる。すなわち、異常診断部311は、SSR1、SSR2およびモータリレー36をオン状態またはオフ状態にするタイミングを、異常発生箇所に応じて設定することができる。

[0088] 例えば、異常診断部311が、インバータ32に異常が発生していると診断した場合には、前述のように、ステップS7によりモータリレー36をオフ状態にした後にステップS9によりSSR1をオフ状態にする。これにより、インバータ32の異常時に、車載バッテリーBから、インバータ32における上アーム側スイッチング素子 U^+ 、 V^+ 、 W^+ 、第1巻線組161および下アーム側スイッチング素子 U^- 、 V^- 、 W^- を通してグランドへ流れる可能性のある貫通電流を遮断して安全性の向上を図ることができる。一方、異常診断部311が、第1通電システムのうちインバータ32以外に異常が発生したと診断した場合には、SSR1およびSSR2よりも先に、モータリレー36をオフ状態にする。モータリレー36を確実にオフ状態にできる状況では、SSR2よりも先にモータリレー36をオフ状態とすることで、安全性の向上を図ることができる。

[0089] 第1～第3実施形態において、ステップS3においてモータリレー36をオン制御するタイミングは、SSR1をオン制御してから所定時間T1が経過したか否かによって判定していた（ステップS2）。これに代えて、モータリレー36をオン制御するタイミングは、モータ16により発生した逆起電圧に応じて判定することができる。モータ16により発生した逆起電圧としては、インバータ32とSSR2との間の正極側給電線BL1における電圧の検出値を用いることができる。あるいは、モータ16により発生した逆起電圧としては、磁極位置センサ33eの出力信号からロータ16Rの回転速度を演算し、この回転速度に基づいて推定された推定逆起電圧値を用い得る。同様に、ステップS9においてSSR1をオフ制御するタイミングを、ステップS8の所定時間T2が経過したか否かの判定に代えて、モータ16により発生した逆起電圧に応じて判定することもできる。

[0090] 第1～第3実施形態において、電動パワーステアリング装置に適用されるモータシステム1, 1A, 1Bは、2つの通電系統を有するものとして説明したが、これに限らず、1つまたは3つ以上の通電系統を有するものであってもよい。また、モータシステム1, 1A, 1Bは、電動パワーステアリング装置以外の他の装置に適用されることを除外するものではない。

符号の説明

[0091] 1…モータシステム、16…モータ、161…第1巻線組、31, 31A…プロセッサ、311…異常診断部、312…ブリドライバ制御部、313, 313A…リレー制御部、32…インバータ、34…ブリドライバ、36, 36B…モータリレー、B…車載バッテリー、D1…第1のダイオード、D2…第2のダイオード、Du, Dv, Dw…第3のダイオード、N1…中性点、SSR1…第1のソリッドステートリレー、SSR2…第2のソリッドステートリレー

請求の範囲

[請求項1]

複数のステータコイルを有するモータと、
前記複数のステータコイルへの通電を制御するインバータと、
前記インバータを駆動制御するプリドライバと、
前記インバータに電力を供給するバッテリーと前記インバータとの間で、前記インバータ側から順に配置されて直列接続された第1のソリッドステートリレーおよび第2のソリッドステートリレーであって、
前記第1のソリッドステートリレーは、第1のダイオードを有し、前記第1のダイオードは、前記バッテリーから前記インバータへ向かう方向を順方向とし、前記第2のソリッドステートリレーは、第2のダイオードを有し、前記第2のダイオードは、前記インバータから前記バッテリーへ向かう方向と順方向とする、第1のソリッドステートリレーおよび第2のソリッドステートリレーと、
前記複数のステータコイルの夫々に設けられ、前記複数のステータコイルの通電を遮断する複数のモータリレーと、
プロセッサであって、前記プロセッサは、前記プリドライバを駆動制御するプリドライバ制御部と、前記第1のソリッドステートリレー、前記第2のソリッドステートリレー、および前記モータリレーを制御するリレー制御部と、を備え、前記リレー制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を遮断するとき、前記モータリレーをオフ状態にした後、前記第1のソリッドステートリレーをオフ状態にするリレー制御部であるプロセッサと、
を有することを特徴とするモータシステム。

[請求項2]

請求項1に記載のモータシステムにおいて、前記リレー制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を遮断するとき、前記第2のソリッドステートリレー、前記モータリレー、前記第1のソリッドステートリレーの順にオフ状態にし、または前記第2のソリッドステートリレーと前記モータリレーを同時にオフ状態にした後、前

記第1のソリッドステートリレーをオフ状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項3] 請求項2に記載のモータシステムにおいて、前記リレー制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を遮断するとき、前記第2のソリッドステートリレーと前記モータリレーに対し、同時にオフ指令を出力することを特徴とするモータシステム。

[請求項4] 請求項2に記載のモータシステムにおいて、前記リレー制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を開始するとき、前記第1のソリッドステートリレーをオン状態にした後、前記モータリレーをオン状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項5] 請求項4に記載のモータシステムにおいて、前記リレー制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を開始するとき、前記第1のソリッドステートリレー、前記モータリレー、前記第2のソリッドステートリレーの順にオン状態にし、または前記第1のソリッドステートリレーをオン状態にした後、前記モータリレーと前記第2のソリッドステートリレーをオン状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項6] 請求項1に記載のモータシステムにおいて、前記複数のステータコイル同士は、中性点においてスター結線されており、

前記複数のモータリレーの全ては、半導体スイッチング素子であって、

前記複数のモータリレーの夫々は、第3のダイオードを有し、

前記第3のダイオードの夫々は、アノードが前記中性点側に配置されていることを特徴とするモータシステム。

[請求項7] 請求項1に記載のモータシステムにおいて、前記プロセッサは、前記モータ、前記インバータ、または前記ブリドライバにおける異常の有無を診断する異常診断部を備え、

前記リレー制御部は、前記異常診断部が前記モータ、前記インバー

タ、または前記プリドライバに異常が発生したと診断したとき、前記モータリレーをオフ状態にした後、前記第1のソリッドステートリレーをオフ状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項8] 請求項7に記載のモータシステムにおいて、前記異常診断部は、前記インバータに異常が発生したと診断したとき、前記モータリレーをオフ状態にした後、前記第1のソリッドステートリレーをオフ状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項9] 請求項8に記載のモータシステムにおいて、前記異常診断部は、前記インバータ以外に異常が発生したと診断したとき、前記第1のソリッドステートリレーおよび前記第2のソリッドステートリレーよりも先に前記モータリレーをオフ状態にすることを特徴とするモータシステム。

[請求項10] 請求項1に記載のモータシステムにおいて、前記プリドライバ制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を遮断するときに、前記リレー制御部が前記モータリレーをオフ状態にするまでの間、前記モータで発生する逆起電力が前記バッテリーから前記複数のステータコイルへ供給される供給電力を上回らないように、前記プリドライバを駆動制御することを特徴とするモータシステム。

[請求項11] 請求項10に記載のモータシステムにおいて、前記プリドライバ制御部は、前記バッテリーから前記インバータへの電力の供給を遮断するときに、前記リレー制御部が前記モータリレーをオフ状態にするまでの間、前記複数のステータに流れる電流が0アンペアとなるように前記プリドライバを駆動制御することを特徴とするモータシステム。

100

10

1

11

12

J2

MS

J1

13

101a

18

14

15

102a

102b

101b

19

VSP

ST

20

モータ制御装置

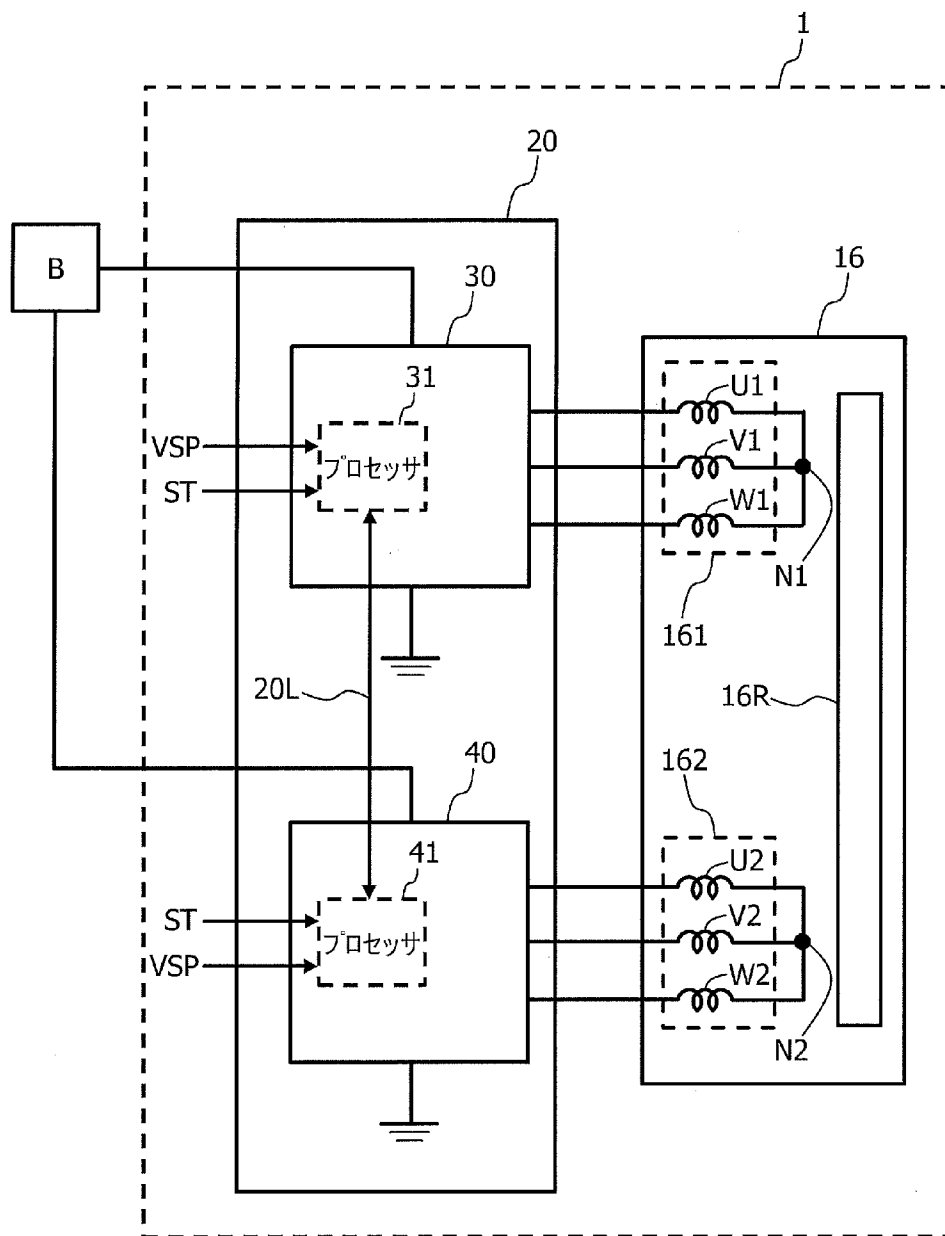
16

モータ

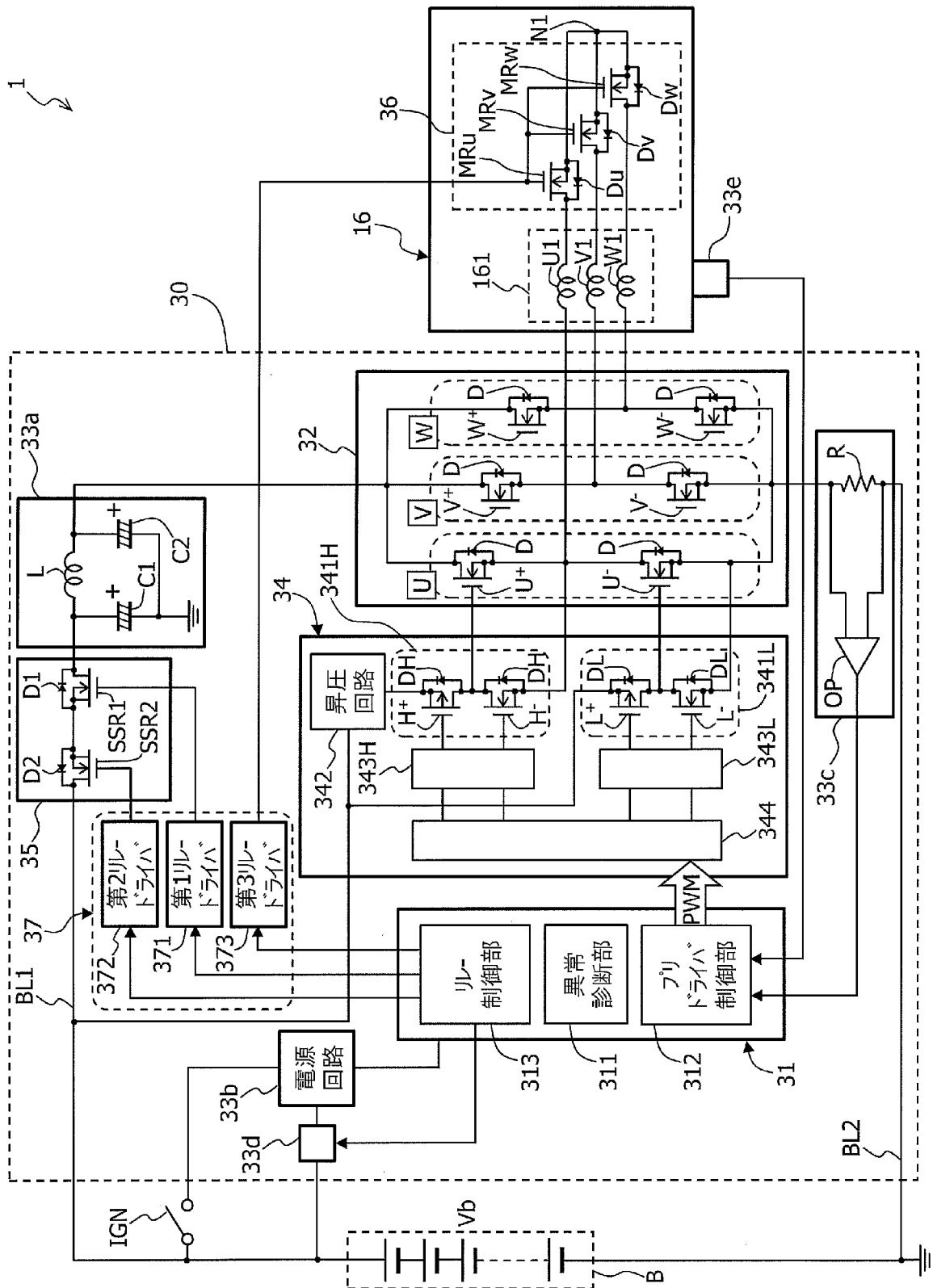
17

16a

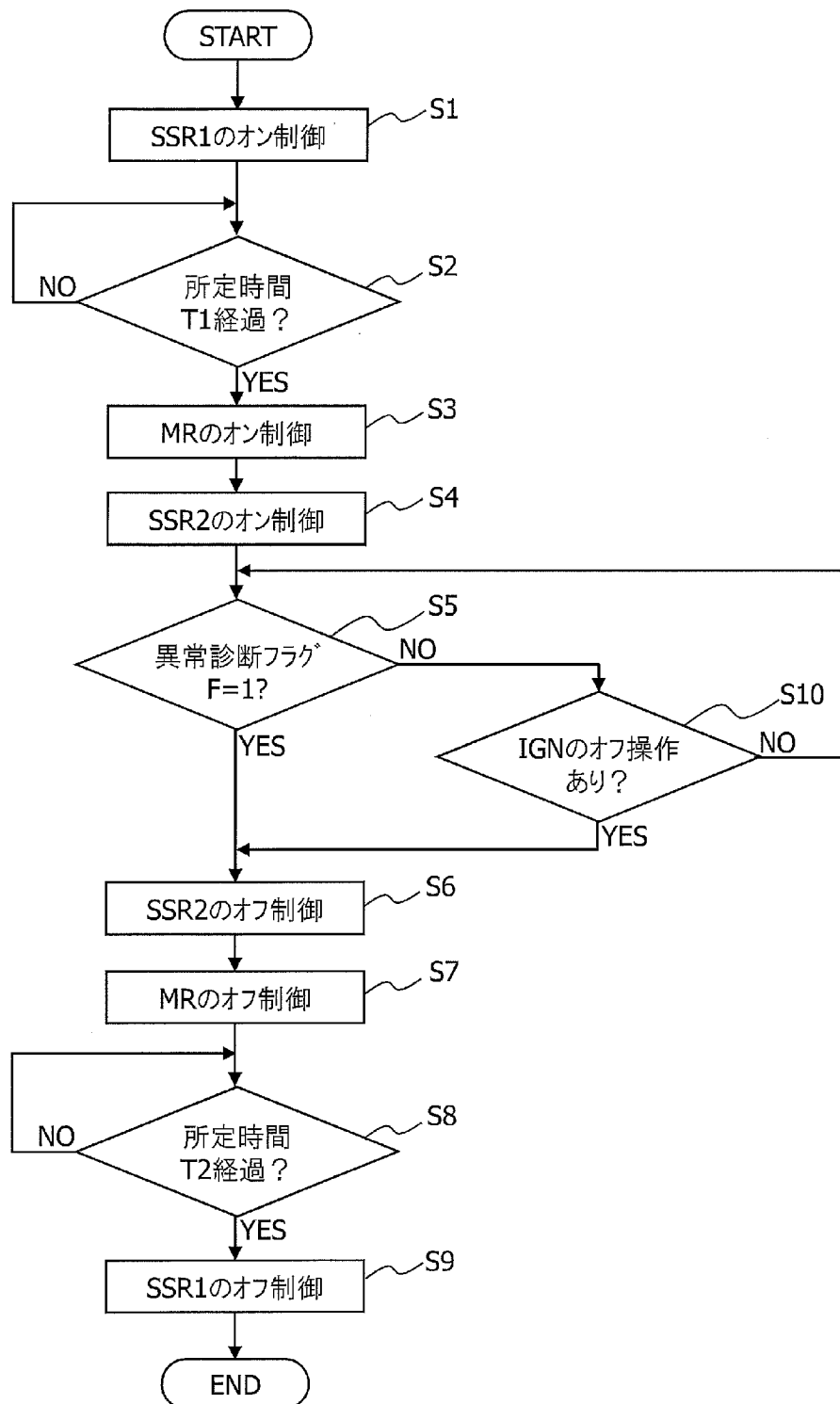
[図2]



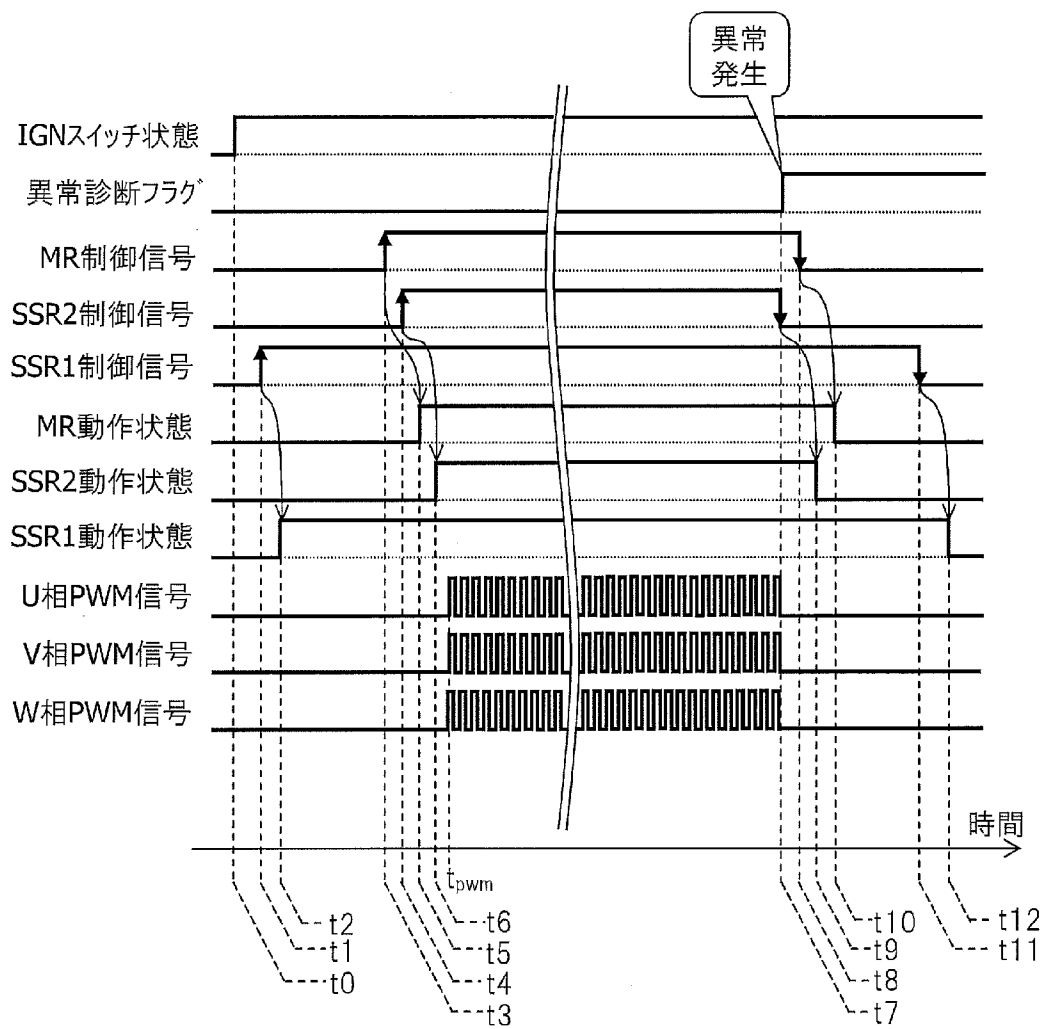
[図3]



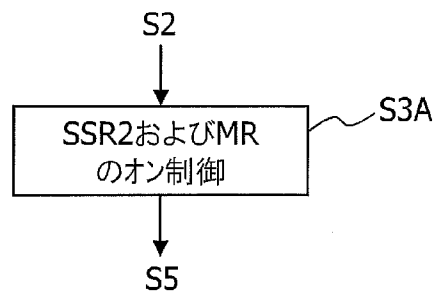
[図4]



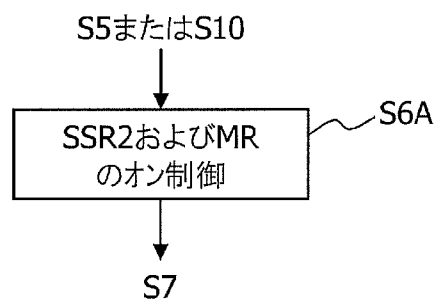
[図5]



[図7]

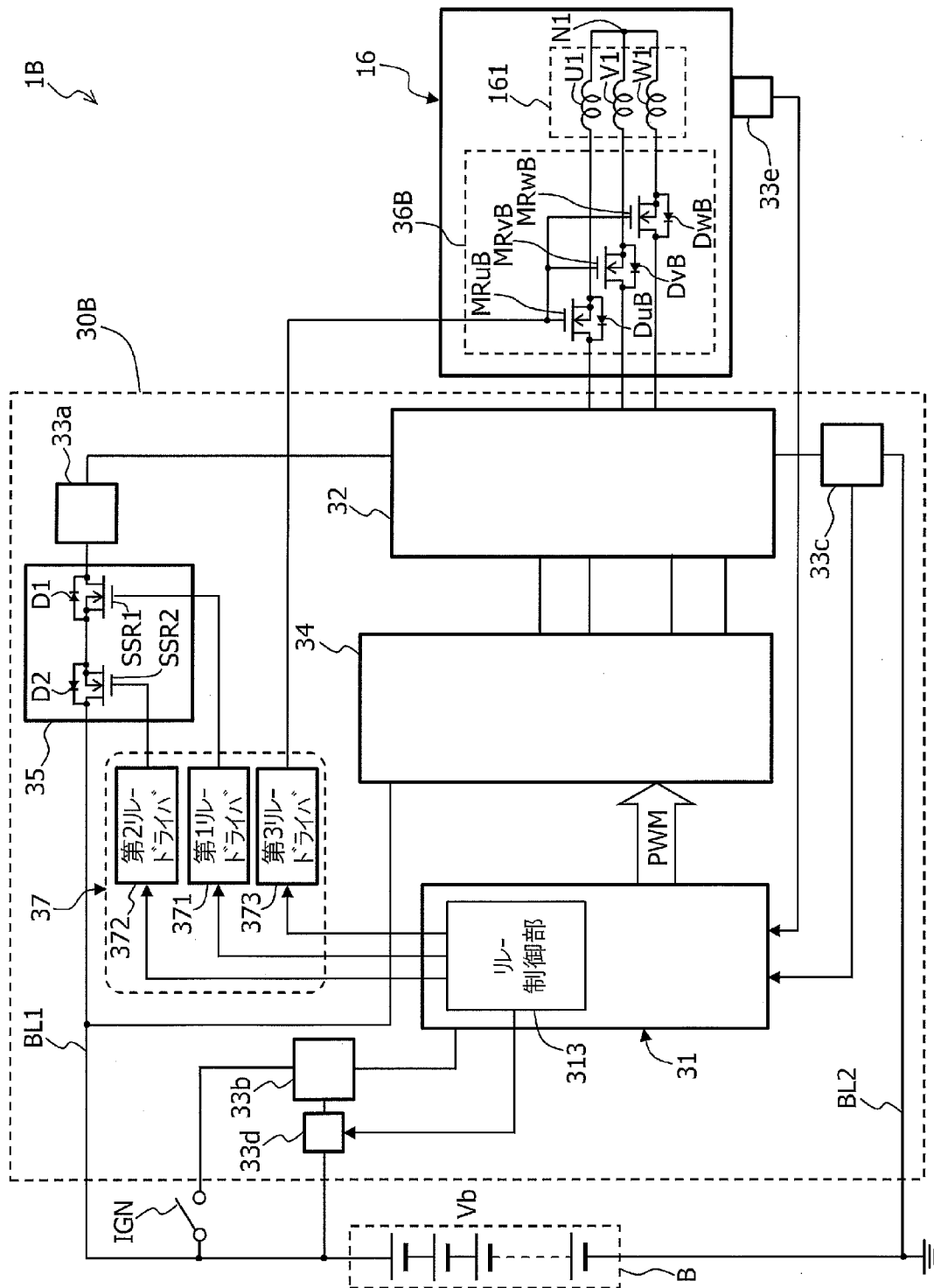


(a)



(b)

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/002234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P25/22(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i,
H02M7/48(2007.01)i, H02P27/06(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n,
B62D119/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

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. H02P25/22, B62D5/04, B62D6/00, H02M7/48, H02P27/06, B62D101/00,
B62D119/00, B62D137/00

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.
A	WO 2015/019652 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 12 February 2015, paragraphs [0033]-[0034], fig. 4 & US 2016/0181953 A1, paragraphs [0072]-[0075], fig. 4 & KR 10-2016-0005788 A & CN 105359366 A & JP 2015-33273 A	1-11
A	JP 2014-045576 A (DENSO CORP.) 13 March 2014, paragraphs [0079]-[0083], fig. 2 & US 2014/0055059 A1, paragraphs [0088]-[0092], fig. 2 & CN 103633921 A	1-11



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
28 March 2018 (28.03.2018)

Date of mailing of the international search report
10 April 2018 (10.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/002234

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/136166 A1 (NSK LTD.) 12 September 2014, paragraphs [0019]-[0020], fig. 2 & JP 2014-176215 A & CN 104205616 A	1-11
A	JP 2013-183462 A (DENSO CORP.) 12 September 2013, paragraphs [0013]-[0040], fig. 3 & US 8499885 B1, column 3, line 34, column 8, line 17, fig. 3 & CN 103296939 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P25/22(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i,
H02P27/06(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

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. H02P25/22, B62D5/04, B62D6/00, H02M7/48, H02P27/06, B62D101/00, B62D119/00, B62D137/00

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
A	WO 2015/019652 A1（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2015.02.12, 段落[0033]-[0034], [図4] & US 2016/0181953 A1, 段落[0072]-[0075], FIG. 4 & KR 10-2016-0005788 A & CN 105359366 A & JP 2015-33273 A	1-11
A	JP 2014-045576 A（株式会社デンソー）2014.03.13, 段落[0079]-[0083], [図2] & US 2014/0055059 A1, 段落[0088]-[0092], FIG. 2 & CN 103633921 A	1-11

☑ 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 | 「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

28.03.2018

国際調査報告の発送日

10.04.2018

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

3V

3424

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	WO 2014/136166 A1 (日本精工株式会社) 2014. 09. 12, 段落[0019]-[0020], [図 2] & JP 2014-176215 A & CN 104205616 A	1-11
A	JP 2013-183462 A (株式会社デンソー) 2013. 09. 12, 段落[0013]-[0040], [図 3] & US 8499885 B1, 第 3 欄第 34 行-第 8 欄第 17 行, FIG. 3 & CN 103296939 A	1-11