

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年2月12日(12.02.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/019787 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01) H02P 6/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/068395
- (22) 国際出願日: 2014年7月10日(10.07.2014)
- (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 2013-162770 2013年8月5日(05.08.2013) 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: 小関 知延 (KOSEKI, Tomonobu); 〒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). 大山 俊章 (OYAMA, Toshiaki); 〒3720023 群馬県伊勢崎市粕川町1671番地1

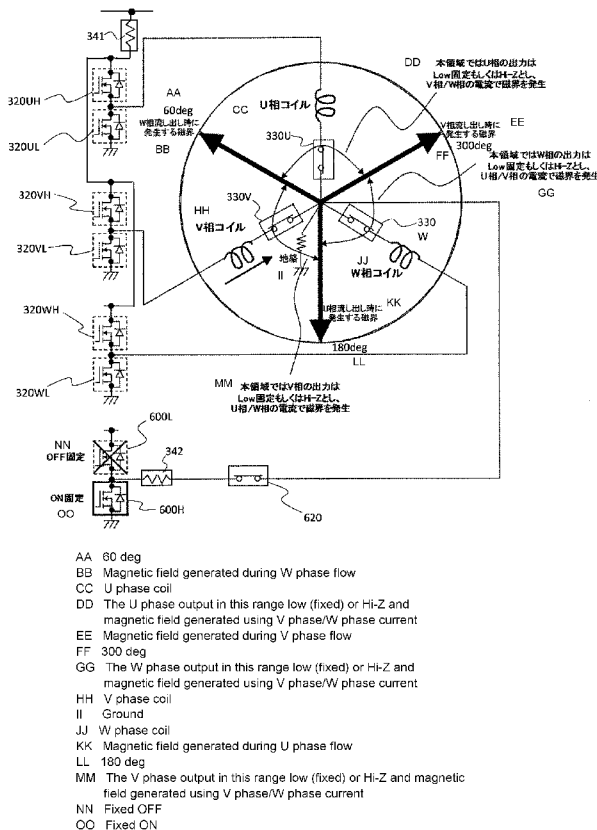
日立オートモティブシステムズ株式会社内
Gunma (JP).

- (74) 代理人: 小川 護晃, 外(OGAWA, Moriaki et al.);
〒1000014 東京都千代田区永田町2丁目1番3
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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC MOTOR CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 電動モータの制御装置及び制御方法



(57) Abstract: The present invention pertains to an electric motor control device and a control method. The control device comprises a drive circuit connected to the neutral point of a multi-phase electric motor having each phase coil connected by a star connection. An isolation circuit is provided between the neutral point and the drive circuit. If an error occurs in the path between the neutral point and the isolation circuit, the isolation circuit becomes conductive and the drive circuit output becomes low. If an error occurs in the path between the drive circuit and the isolation circuit, the isolation circuit is cut off. As a result, the electric motor is controlled when an error occurs in the path between the neutral point and the drive circuit.

(57) 要約: 本願発明は、各相コイルがスター結線された多相電動モータの中性点に接続される駆動回路を備えた電動モータの制御装置及び制御方法に関する。本願発明では、中性点と駆動回路との間に遮断回路を設け、中性点と遮断回路との間の経路に異常が生じたときには、遮断回路を通電状態にすると共に駆動回路の出力をロー出力とし、駆動回路と遮断回路との間の経路に異常が生じたときには遮断回路を遮断状態にする。これにより、中性点と駆動回路との間の経路に異常が生じたときに電動モータの制御を行える。

WO 2015/019787 A1



(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))

明 細 書

発明の名称：電動モータの制御装置及び制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、各相コイルがスター結線された多相電動モータの制御装置及び制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、3 相ブラシレスモータのスター結線されたコイルの中性点を所定の電源又は駆動回路に接続し、3 相ブラシレスモータの 1 相に異常が発生した場合、中性点を異常となった相の代わりに使用してモータ内部で発生する磁界ベクトルを回転させて 3 相ブラシレスモータの駆動を継続させる、電動モータの制御装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特許第 4 7 1 0 5 2 8 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、従来では、中性点から中性点に接続される駆動回路までの経路に地絡などの異常が発生すると、電動モータの制御が不能になってしまうという問題があった。

本発明は上記実情に鑑みなされたものであり、各相コイルがスター結線された多相電動モータの中性点に接続される駆動回路を備えた電動モータの制御装置において、中性点と駆動回路との間の経路に異常が生じたときに電動モータの制御を行える制御装置及び制御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

[0005] そのため、本願発明に係る電動モータの制御装置は、各相コイルがスター結線された多相電動モータと、前記多相電動モータを駆動する駆動手段と、前記スター結線の中性点に接続される駆動回路と、を備えた電動モータの制

御装置において、前記中性点から前記駆動回路までの経路に異常が生じたときに前記駆動回路の出力をローとするようにした。

また、本願発明に係る電動モータの制御方法は、各相コイルがスター結線された多相電動モータの制御方法であって、前記スター結線の中性点から前記中性点に接続される駆動回路までの経路に異常が生じたときに前記駆動回路の出力をローとするようにした。

発明の効果

[0006] 上記発明によると、駆動回路の出力をローとすることで、駆動回路から異常個所に電流が流れ込むことを抑制でき、また、中性点を低インピーダンスで接地点電位に接続することができ、電動モータの制御を継続することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本発明の実施形態における電動パワーステアリング装置の概略構成図である。

[図2]本発明の実施形態における電動モータの駆動装置を示す回路図である。

[図3]本発明の実施形態におけるW相故障状態における制御プロセスを説明するための図である。

[図4]本発明の実施形態においてU相に平行な磁界成分とU相に直交する磁界成分とを磁界ベクトルの電気角に応じて示す線図である。

[図5]本発明の実施形態においてU相電流、V相電流、中性点電流を磁界ベクトルの電気角に応じて示す線図である。

[図6]本発明の実施形態においてW相故障状態におけるV相、U相、中性点の駆動デューティ比の特性を説明するための図である。

[図7]本発明の実施形態におけるリレーの配置例を示す回路図である。

[図8]本発明の実施形態におけるHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の領域を磁界ベクトルの電気角に応じて示す線図である。

[図9]本発明の実施形態におけるHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の各領域及びハイインピーダンス固定状態での磁界ベクトル

の電気角を示す図である。

[図10]本発明の実施形態においてHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態のいずれかに制御する場合に適用する回路図である。

[図11]本発明の実施形態においてHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態のいずれかに制御する場合に適用する回路図である。

[図12]本発明の実施形態における中性点が地絡したときの制御プロセスを説明するための回路図である。

[図13]本発明の実施形態における中性点駆動ラインの地絡を検出する回路を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下に本発明の実施の形態を説明する。

図1は、本発明に係る電動モータの制御装置及び制御方法の適用例としての電動パワーステアリング装置を示す。

[0009] 図1に示す電動パワーステアリング装置100は、車両200に備えられ、操舵補助力を電動モータ130によって発生させる装置である。この電動パワーステアリング装置100は、ステアリングホイール110、操舵トルクセンサ120、電動モータ130、電動モータ130の駆動装置140、電動モータ130の制御装置としてのコントロールユニット150、電動モータ130の回転を減速してステアリングシャフト170に伝達する減速機160などを含んで構成される。

操舵トルクセンサ120及び減速機160は、ステアリングシャフト170を内包するステアリングコラム180内に設けられる。

[0010] ステアリングシャフト170の先端にはピニオンギア171が設けられていて、このピニオンギア171が回転すると、ラックギア172が車両200の進行方向左右に水平移動する。ラックギア172の両端にはそれぞれ車輪201の操舵機構202が設けられており、ラックギア172が水平移動することで車輪201の向きが変えられる。

操舵トルクセンサ120は、車両の運転者がステアリング操作を行うこと

でステアリングシャフト 170 に発生する操舵トルクを検出し、検出した操舵トルクの信号 ST をコントロールユニット 150 に出力する。

[0011] マイクロコンピュータを含むコントロールユニット 150 には、操舵トルク信号 ST の他、車速センサ 190 が出力する車速の信号 VSP などが入力される。

そして、コントロールユニット 150 は、操舵トルク信号 ST、車速信号 VSP などに基づいて駆動装置 140 を制御することで、電動モータ 130 の発生トルク、つまり、操舵補助力を制御する。

なお、コントロールユニット 150 と駆動装置 140 とを一体化して設けることができる。

[0012] 次に、駆動装置 140 の回路構成の一例を、図 2 を参照しつつ説明する。

電動モータ 130 は、U 相コイル 130U、V 相コイル 130V 及び W 相コイル 130W の 3 相コイルを有する 3 相 DC ブラシレスモータ、換言すれば、3 相同期電動機である。電動モータ 130 の U 相コイル 130U、V 相コイル 130V 及び W 相コイル 130W は、一端が互いに接続されてスター結線とされ、U 相コイル 130U、V 相コイル 130V 及び W 相コイル 130W が互いに接続された点は中性点 NP をなす。

そして、駆動装置 140 は、駆動手段としてのインバータ回路 300、ブリドライバ 400、電源リレー装置 500、駆動回路 600 を備える。

[0013] インバータ回路 300 は、駆動ライン 310U、310V、310W を介して電動モータ 130 の U 相コイル 130U、V 相コイル 130V 及び W 相コイル 130W をそれぞれに駆動する 3 組の半導体スイッチ 320UH、320UL、320VH、320VL、320WH、320WL を備えた 3 相ブリッジ回路からなる。

本実施形態では、半導体スイッチ 320UH、320UL、320VH、320VL、320WH、320WL として、N チャンネル型 MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) を用いる。

[0014] 半導体スイッチ 320UH、320UL は、電源ライン 510 と接地点と

の間にドレインソース間が直列接続され、半導体スイッチ320UHと半導体スイッチ320ULとの接続点に駆動ライン310Uの一端が接続され、駆動ライン310Uの他端には電動モータ130のU相コイル130Uが接続される。

半導体スイッチ320VH、320VLは、電源ライン510と接地点との間にドレインソース間が直列接続され、半導体スイッチ320VHと半導体スイッチ320VLとの接続点に駆動ライン310Vの一端が接続され、駆動ライン310Vの他端には電動モータ130のV相コイル130Vが接続される。

[0015] 半導体スイッチ320WH、320WLは、電源ライン510と接地点との間にドレインソース間が直列接続され、半導体スイッチ320WHと半導体スイッチ320WLとの接続点に駆動ライン310Wの一端が接続され、駆動ライン310Wの他端には電動モータ130のW相コイル130Wが接続される。

各MOSFET320UL、320VL、320WLのソースと接地点との間には、電動モータ130の駆動電流を検出する電流検出器340が接続される。電流検出器340で検出した電流値は、図示しない増幅器などで増幅された後、コントロールユニット150に入力される。

[0016] また、中性点NPとU相コイル130U、V相コイル130V及びW相コイル130Wとの間の駆動ライン310U、310V、310Wには、スイッチング手段としてのリレー330U、330V、330Wを備えている。これらのリレー330U、330V、330Wは、電磁リレー、或いは、MOSFETなどの半導体スイッチと当該半導体スイッチのドライバとの組み合わせのいずれでも構成することができる。

コントロールユニット150は、リレー330U、330V、330Wのオン、オフを個別に制御する。

[0017] ここで、リレー330U、330V、330Wをオフ状態とすることによって、インバータ回路300からU相コイル130U、V相コイル130V

及びW相コイル130Wへの電力供給が遮断され、リレー330U, 330V, 330Wをオン状態とすることによって、インバータ回路300からU相コイル130U、V相コイル130V及びW相コイル130Wへの電力供給が行える状態になる。

また、駆動回路600は、Nチャンネル型MOSFETで構成されるアッパーアームスイッチとしても半導体スイッチ600Hとローワーアームスイッチとしての半導体スイッチ600Lとからなり、半導体スイッチ600H, 600Lは電源ライン510と接地点との間にドレインソース間が直列接続される。

[0018] そして、半導体スイッチ600Hと半導体スイッチ600Lとの接続点に、中性点NPに一端が接続される駆動ライン610の他端が接続される。

駆動ライン610には、コントロールユニット150によってオン／オフが制御される中性点リレー620を設けてある。中性点リレー620は、電磁リレー、或いは、MOSFETなどの半導体スイッチと当該半導体スイッチのドライバとの組み合わせのいずれでも構成することができる。

[0019] プリドライバ400は、インバータ回路300におけるアッパーアームスイッチである半導体スイッチ320VH, 320UH, 320WHをそれぞれに駆動する3つのHigh側ドライバ410Hと、インバータ回路300におけるローワーアームスイッチである半導体スイッチ320VL, 320UL, 320WLをそれぞれに駆動する3つのLow側ドライバ410Lとを備えている。

なお、プリドライバ400をSOI (Silicon on Insulator) で構成することができ、これによって、浮遊容量が低減され、プリドライバ400の高速化及び低消費電力化を図ることができる。また、特定の部位が故障した際、他の部位に波及して別の故障が起きる可能性を低減することができる。

[0020] また、プリドライバ400は、電動モータ130の相毎に、ブートストラップコンデンサCに充電した電荷でMOSFET320UH, 320VH, 320WHをそれぞれ駆動するための昇圧回路である3つのブートストラッ

プ回路430を備えている。

High側ドライバ410Hの出力端にはそれぞれMOSFET320UH, 320VH, 320WHのゲートが接続され、MOSFET320UH, 320VH, 320WHはHigh側ドライバ410Hの出力に応じてオン／オフが制御される。

[0021] 同様に、Low側ドライバ410Lの出力端にはそれぞれMOSFET320UL, 320VL, 320WLのゲートが接続され、MOSFET320UL, 320VL, 320WLはLow側ドライバ410Lの出力に応じてオン／オフが制御される。

また、プリドライバ400は、駆動回路600における半導体スイッチ600Hを駆動するHigh側ドライバ420H、駆動回路600における半導体スイッチ600Lを駆動するLow側ドライバ420Lを備えている。

[0022] High側ドライバ420Hの出力端にはMOSFET600Hのゲートが接続され、Low側ドライバ420Lの出力端にはMOSFET600Lのゲートが接続され、MOSFET600H, 600Lは、ドライバ420H, 420Lの出力に応じてオン／オフが制御される。

プリドライバ400は、プリドライバ400の電源であるバッテリー700の電圧を昇圧する昇圧回路であるチャージポンプ440を備えている。

[0023] コントロールユニット150に含まれるマイクロコンピュータ151は、ドライバ410H, 410L及びドライバ420H, 420LをPWM (Pulse Width Modulation) 制御するためのPWM操作信号を出力する出力ポート152A, 152Bを有する。

電源リレー装置500は、電源であるバッテリー700からインバータ回路300及び駆動回路600に向けて電源供給する電源ライン510に介装され、互いに並列に接続される第1遮断器501Aと第2遮断器501Bとを備える。

[0024] なお、電源リレー装置500を構成する遮断器501A, 501Bは、電磁リレー、或いは、MOSFETなどの半導体スイッチと当該半導体スイッ

チのドライバとの組み合わせのいずれでも構成することができる。

また、インバータ回路300及び駆動回路600を構成する各MOSFETにおいて、ドレインソース間のダイオードは寄生ダイオードである。

[0025] コントロールユニット150は、電動モータ130の各相が正常である場合、リレー330U, 330V, 330Wをオン状態に制御する一方で、中性点リレー620をオフ状態に制御し、ブリドライバ400を介してインバータ回路300の半導体スイッチ320UH, 320UL, 320VH, 320VL, 320WH, 320WLのオン／オフをPWM制御することで、電動モータ130を駆動する。

ここで、コントロールユニット150は、操舵トルク信号STや車速信号VSPなどに基づいてPWM信号のデューティ比を可変とし、電動モータ130の回転速度を制御する。

[0026] また、コントロールユニット150は、電動モータ130のU相、V相及びW相の故障の有無を検出する診断機能を有する。例えば、コントロールユニット150は、ブリドライバ400に出力するPWM信号と各相のモータ電圧とを比較することによって、U相、V相及びW相の故障の有無を診断する。

なお、各相の故障には、各相毎のインバータの故障、相コイルの断線や地絡、更に、リレーのオープン故障などが含まれる。

[0027] ここで、コントロールユニット150は、U相、V相、W相のうちのいずれか1つの相の故障を検出した場合、故障を検出した相の駆動ラインに設けられるリレー330をオフ状態に制御することで、故障が発生している相への電力供給を遮断し、また、中性点リレー620をオン状態に制御することで、中性点NPの電位を駆動回路600によって制御できる状態にする。

そして、コントロールユニット150は、正常な2相に流れる電流の目標を、発生させたい磁界ベクトルに応じて決定し、これに応じてインバータ回路300及び駆動回路600を制御することで、1相に故障が発生した状態で電動モータ130の駆動を継続する。

[0028] 3相のうちの1相に故障が発生した場合におけるコントロールユニット150による相電流の制御プロセスを、図3を参照しつつ説明する。

W相に故障が発生した場合を一例とすると、コントロールユニット150は、リレー330U、330Vをオン状態に保持する一方で、リレー330Wをオフ状態に切り替えてW相を遮断し、中性点リレー620をオン状態に制御し、図3に示す制御状態とする。

[0029] また、コントロールユニット150は、磁極位置に応じて決まる発生させたい磁界ベクトルを、例えば正常であるU相に平行な成分と正常であるU相に直交する成分とに分解する。

ここで、U相に平行な成分はU相及びV相で発生させることができるが、U相に直交する成分は正常な2相のうちの他方であるV相でしか発生させることができない。そこで、コントロールユニット150は、U相に直交する成分をV相で発生させることになるV相の発生磁界ベクトルを求める。

更に、コントロールユニット150は、V相の発生磁界ベクトルのU相に平行な成分を求めて、発生させたい磁界ベクトルのU相に平行な成分と、V相の発生磁界ベクトルのU相に平行な成分とから、最終的にU相の発生磁界ベクトルを求める。

[0030] 図4は、発生させたい磁界ベクトルの電気角毎に、発生させたい磁界ベクトルをU相に平行な成分とU相に直交する成分とに分解した様子を示す。

また、図5は、図4のU相に平行な成分及びU相に直交する成分に基づき決定されるU相及びV相の目標電流を例示するものであり、U相の目標電流とV相の目標電流との合計が、駆動回路600への流出入電流、つまり、中性点電流となる。

[0031] 尚、上記では、発生させたい磁界ベクトルをU相に平行な成分とU相に直交する成分とに分解したが、W相の故障状態で、発生させたい磁界ベクトルをV相に平行な成分とV相に直交する成分とに分解しても、正常な2相の目標電流を決定できることは明らかであり、また、W相以外のU相又はV相に故障が発生した場合も同様にして、正常な2相の目標電流を決定できること

は明らかである。

[0032] 上記のようにして、コントロールユニット150は、正常な2相の目標電流を決定すると、次いで、正常な2相の駆動デューティ比(%)及び駆動回路600の駆動デューティ比(%)を決定する。

例えば、駆動回路600の駆動デューティ比を50%に固定すると、電動モータ130の正常な相に印加できる電圧は電源電圧の $1/2$ になり、1相の故障状態で電源電圧を有効に使用することができない。

[0033] そこで、コントロールユニット150は、駆動回路600から電動モータ130の正常な相に電流を流し込む場合には駆動回路600の出力電圧及び駆動デューティ比を大きくし、逆に、電動モータ130の正常な相から駆動回路600に電流を引き込みたい場合には駆動回路600の出力電圧及び駆動デューティ比を小さくすることで、電源電圧の有効利用を図る。

なお、本願における駆動デューティ比は、制御周期におけるオン時間の割合を示す。

例えば、W相に故障が発生しU相とV相とを駆動して電動モータ130を駆動させる場合、図5に示すように、発生させたい磁界ベクトルの電気角が 240deg であるときに駆動回路600からの流し込み電流が最大となり、発生させたい磁界ベクトルの電気角が 60deg であるときに駆動回路600に引き込む電流が最大となるように、駆動回路600の駆動デューティ比を決定する。なお、本願では、U相コイルの角度位置を、磁界ベクトルの電気角が 0deg の位置として表すものとする。

[0034] コントロールユニット150は、例えばW相の故障状態における駆動回路600の駆動デューティ比を、発生させたい磁界ベクトルの電気角を θ としたときに、 $\text{駆動デューティ比} = 50\% + 50\% \times \sin(\theta - 150\text{deg})$ として算出する。

駆動回路600の駆動デューティ比を、 $\text{駆動デューティ比} = 50\% + 50\% \times \sin(\theta - 150\text{deg})$ とすることで、発生させたい磁界ベクトルの電気角 θ が 240deg であるときに $\sin(240\text{deg} - 150\text{deg}) = 1$ となって駆

動回路 600 のデューティが 100% に設定され、駆動回路 600 からの流し込み電流が最大となる。また、発生させたい磁界ベクトルの電気角 θ が 60deg であるときに $\sin(60\text{deg} - 150\text{deg}) = -1$ となって駆動回路 600 の駆動デューティ比が 0% に設定され、駆動回路 600 に引き込む電流が最大になる。

[0035] また、発生させたい磁界ベクトルの電気角 θ が 150deg 及び 330deg のときに、駆動回路 600 の駆動デューティ比は 50% に設定され、駆動回路 600 の駆動デューティ比は、図 5 に示すように、磁界ベクトルの電気角で 360deg を 1 周期として 0% と 100% との間で正弦波を示すように変化する。

なお、駆動回路 600 の半導体スイッチ 600H と半導体スイッチ 600L とは、相補制御方式により相互に逆位相の PWM 波で駆動されるものとし、駆動回路 600 の駆動デューティ比は、アッパーアーム側の駆動デューティ比を示すものとする。

[0036] 従って、駆動回路 600 の駆動デューティ比が 100% の状態とは、半導体スイッチ 600H がオンに固定され、半導体スイッチ 600L がオフに固定される状態、つまり、駆動回路 600 の出力がハイに固定される状態である。また、駆動回路 600 の駆動デューティ比が 0% の状態とは、半導体スイッチ 600H がオフに固定され、半導体スイッチ 600L がオンに固定される状態、つまり、駆動回路 600 の出力がローに固定される状態である。

[0037] 但し、駆動回路 600 の駆動デューティ比の決定方法は、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて駆動デューティ比を 0% から 100% の間で連続的に変化させる方法に限定されない。

例えば、コントロールユニット 150 は、電動モータ 130 の正常な相に印加したい電圧が電源電圧の $1/2$ で十分である場合には駆動回路 600 の駆動デューティ比を 50% に固定し、正常な相に印加したい電圧が電源電圧の $1/2$ では不足する場合には、50% を中心とする駆動デューティ比の振幅を拡大することができる。

[0038] つまり、W相の故障状態を例とすれば、印加したい電圧Vを変数として駆動デューティ比を求める関数を $f(V)$ としたときに、駆動回路600の駆動デューティ比を、 $\text{駆動デューティ比} = 50\% + f(V) \times \sin(\theta - 150 \text{ deg})$ として求めることができる。

そして、関数 $f(V)$ で求められる駆動デューティ比を例えば30%と仮定すれば、駆動回路600の駆動デューティ比は、20%～80%の範囲で連続的に変化し、発生させたい磁界ベクトルの電気角が240degであるときに駆動回路600の駆動デューティ比が80%に設定され、発生させたい磁界ベクトルの電気角が60degであるときに駆動回路600の駆動デューティ比が20%に設定されることになる。

[0039] 上記のようにしてコントロールユニット150は、駆動回路600の駆動デューティ比を決定すると、次いで、正常な各相コイルの印加電圧を算出し、係る印加電圧に基づき正常な各相の駆動デューティ比を決定する。

コントロールユニット150は、発生させたい磁界ベクトルに基づき設定した各相の目標電流を通電させるために必要な各相コイルの印加電圧を算出し、係る印加電圧に駆動回路600の出力電圧分を加算して、各相の最終的な電圧及び駆動デューティ比を決定する。

[0040] 図6は、W相が故障状態であり、V相に流す電流の倍の電流をU相に流すことで、目標の磁界ベクトルを発生させることができる場合を例示する。

中性点NPが接地点電位であると仮定したときに、V相に流す電流の倍の電流をU相に流すためにV相の駆動デューティ比を10%とし、U相の駆動デューティ比を20%とすることが要求されるとすると、駆動回路600の制御によって中性点NPの電位が接地点電位から変化する分だけV相、U相の駆動デューティ比を補正する。

以上の操作により、正常な2相の電流の合計が駆動回路600への流出入電流となり、正常な2相に目標電流に近い電流を流すことができる。

[0041] なお、図2に示した例では、中性点NPとU相コイル130U、V相コイル130V及びW相コイル130Wとの間の駆動ライン310U、310V

、 310W にリレー 330U、330V、330W を設けたが、係るリレー 330U、330V、330W の配置に限定されるものではない。

例えば、図 7 に示すように、U 相コイル 130U、V 相コイル 130V 及び W 相コイル 130W とインバータ回路 300 との間の駆動ライン 310U、310V、310W にリレー 330U、330V、330W を設け、コントロールユニット 150 は、故障が発生した相のリレー 330 をオフに制御することができる。

[0042] ところで、図 5 に例示したように、電動モータ 130 の 3 相のうちの 1 相に故障が発生した場合に、目標の磁界ベクトルを発生させるために正常な 2 相に流す電流の位相差は 60deg となり、駆動回路 600 への流出入電流は正常な相の電流の合計となるから、駆動回路 600 への流出入電流のピークは、正常な各相の電流のピークよりも大きくなる。換言すれば、駆動回路 600 への流出入電流の振幅は、正常な各相の電流の振幅よりも大きくなる。

よって、インバータ回路 300 を構成する半導体スイッチと同じ素子を駆動回路 600 に用いる場合、駆動回路 600 の流出入電流のピークが駆動回路 600 を構成する素子の電流耐量以内となることが、正常な 2 相で発生させ得る磁界ベクトルの大きさの制約となり、1 相が故障した状態で発生できる磁界ベクトルの大きさは全相が正常である場合に比べて 1/3 程度になる。

[0043] 更に、駆動回路 600 でのスイッチング損失は、電流ピークが大きい分だけ正常な各相の PWM 駆動におけるスイッチング損失よりも大きくなり、電動モータ 130 が発生するトルクを弱める結果となる。

そこで、コントロールユニット 150 は、駆動回路 600 におけるスイッチング損失を低減するために、駆動回路 600 の PWM 制御における周波数を、インバータ回路 300 の PWM 制御における周波数よりも低くする。

[0044] 例えば、コントロールユニット 150 は、駆動回路 600 の PWM 制御における周波数を、インバータ回路 300 の PWM 制御における周波数の 1/4 程度とする。

これにより、駆動回路 600 におけるスイッチング損失が低減し、より大きなトルクを電動モータ 130 で発生させることができる。

[0045] また、電動モータ 130 の 3 相のうちの 1 相に故障が発生し正常な 2 相を駆動するときの駆動回路 600 におけるスイッチング損失を低減する手法として、駆動回路 600 の出力を目標磁界ベクトルの電気角に応じて段階的に変化させる制御プロセスを採用することができる。

図 8 は、W 相に故障が発生し U 相及び V 相を駆動するときの U 相電流、V 相電流、中性点電流と駆動回路 600 の出力との相関を示す。

[0046] 図 8 において、駆動回路 600 の出力は、High 固定状態、Low 固定状態、ハイインピーダンス固定状態の 3 状態に切り替えられる。

ここで、High 固定状態とは、半導体スイッチ 600 H の駆動デューティ比を 100% に固定し、半導体スイッチ 600 L の駆動デューティ比を 0% に固定するモードである。

[0047] また、Low 固定状態とは、半導体スイッチ 600 H の駆動デューティ比を 0% に固定し、半導体スイッチ 600 L の駆動デューティ比を 100% に固定するモードである。

更に、ハイインピーダンス固定状態とは、半導体スイッチ 600 H 及び半導体スイッチ 600 L の駆動デューティ比を共に 0% に固定するモードである。

つまり、High 固定状態、Low 固定状態、ハイインピーダンス固定状態のいずれにおいても、半導体スイッチ 600 H、600 L をスイッチング動作させずにオン状態又はオフ状態に固定する。

[0048] そして、コントロールユニット 150 は、U 相及び V 相における電流の向きが共に正、つまり、U 相及び V 相における電流の向きが共にインバータ回路 300 からの流し出し方向の場合には、駆動回路 600 の出力を Low 固定状態にする。

また、コントロールユニット 150 は、U 相及び V 相における電流の向きが共に負、つまり、U 相及び V 相における電流の向きが共にインバータ回路

300に流し込む方向の場合には、駆動回路600の出力をHigh固定状態にする。

[0049] 更に、コントロールユニット150は、U相における電流の向きと、V相における電流の向きとが異なる場合、つまり、U相における電流の向きが正でV相における電流の向きが負である場合、若しくは、U相における電流の向きが負でV相における電流の向きが正である場合には、駆動回路600の出力をハイインピーダンス固定状態にする。

図8に示すW相の故障状態では、目標磁界ベクトルの電気角が0deg-120degの領域で駆動回路600の出力はLow固定状態とされ、目標磁界ベクトルの電気角が180deg-300degの領域で駆動回路600の出力はHigh固定状態とされ、目標磁界ベクトルの電気角が120deg-180degの領域及び300deg-360degの領域で駆動回路600の出力はハイインピーダンス固定状態とされる。

[0050] 上記のように、駆動回路600の出力を目標磁界ベクトルの電気角に応じてHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態に切り替える場合、図9に示すように、High固定状態又はLow固定状態とする領域では、U相の電流とV相の電流との合計が駆動回路600への流出入電流となるため、目標磁界ベクトルを発生させることができる。

一方、駆動回路600の出力をハイインピーダンス固定状態とする領域では、U相及びV相に流れる電流が同じ大きさになり、発生できる磁界ベクトルの方向が、図中に示すVE1方向、VE2方向に固定されることになる。

[0051] そのため、電動モータ130の回転角変化に対するモータ出力トルクの変動が発生するが、ハイインピーダンス固定状態とする領域でも少なくとも30deg毎の電気角で磁界ベクトルを発生させることができるので、電動モータ130を回転させることは可能である。

なお、ハイインピーダンス固定状態とする目標磁界ベクトルの電気角領域では、中性点NPに流れる電流が小さいので、ハイインピーダンス固定状態とする代わりに、半導体スイッチ600Hを駆動デューティ比50%でスイ

ッチング動作させ、半導体スイッチ600Lを逆位相の駆動デューティ比50%でスイッチング動作させるデューティ制御を行わせることもできる。

以下では、半導体スイッチ600Hを駆動デューティ比50%でスイッチング動作させ、半導体スイッチ600Lを逆位相の駆動デューティ比50%でスイッチング動作させる状態を、50%固定状態と称する。

[0052] そして、上記のように、High固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態、或いは、High固定状態、Low固定状態、50%固定状態の3状態に切り替える構成では、High固定状態の領域、Low固定状態の領域、ハイインピーダンス固定状態の領域のそれぞれで、或いは、High固定状態の領域及びLow固定状態の領域で、駆動回路600の半導体スイッチ600H、600Lをスイッチング動作させないので、スイッチング損失を低減することができる。そのため、中性点NPに通電できる電流量の絶対値を、半導体スイッチ600H、600LをPWM駆動する場合に比べて大きくすることができ、以って、発生する磁界ベクトルの大きさ及びモータ出力トルクを増大させることができる。

[0053] また、High固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態に切り替える構成では、スイッチング損失を略零とすることができるから、駆動回路600を構成する半導体スイッチの選定においてスイッチング速度を考慮する必要性が殆どなくなり、オン状態での抵抗が小さいことを優先して半導体スイッチを選定することができる。

そして、オン状態での抵抗が小さい半導体スイッチを用いれば、駆動回路600における損失を更に低減でき、中性点NPに通電できる電流量の絶対値を更に大きくし、発生する磁界ベクトルの大きさ及びモータ出力トルクを更に増大させることができる。

[0054] 更に、High固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態に切り替える構成では、駆動回路600をPWM駆動しないので、ドライバ及びマイクロコンピュータ151の制御用端子もPWM駆動に対応する必要がなく、駆動回路600を構成する半導体スイッチのゲートに接続されるゲ

ート抵抗として大きな抵抗値のものを採用することができるので、ローワーアームの半導体スイッチ600Lをマイクロコンピュータ151の制御用端子で直接駆動しても、半導体スイッチ側に印加されたサージの伝播によりマイクロコンピュータ151が故障することを抑制できる。

[0055] このため、駆動回路600の出力をHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態に切り替える場合、図2及び図7に示した駆動回路600の駆動するための回路構成を簡略化することが可能となる。

図10は、駆動回路600の出力をHigh固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態の3状態に切り替える制御を適用することができる、より簡略化した駆動装置140の一例を示す。

[0056] 図10の回路構成は、図2に示した回路に対して、駆動回路600を構成するアッパーアームスイッチを変更し、プリドライバ400のHigh側ドライバ420H及びLow側ドライバ420Lを省略し、駆動回路600を構成する半導体スイッチをマイクロコンピュータ151の制御用端子で直接駆動するようにした点異なる。

なお、図10において、図2と共通する構成については同じ符号を付して詳細な説明を省略する。

[0057] 図10に示す駆動装置140においては、駆動回路600のアッパーアームを構成する半導体スイッチ600HとしてPチャンネル型MOSFETを用い、駆動回路600のローワーアームを構成する半導体スイッチ600LとしてNチャンネル型MOSFETを用いる。そして、Pチャンネル型MOSFET600Hのソースドレイン間を電源ライン510と接地点との間に直列接続し、Pチャンネル型MOSFET600HのドレインにNチャンネル型MOSFET600Lのドレインを接続して、Pチャンネル型MOSFET600Hのドレインと接地点との間にNチャンネル型MOSFET600Lのドレインーソース間を直列接続させてある。

[0058] また、Pチャンネル型MOSFET600Hのソースとゲートとが抵抗R1を介して接続され、また、Pチャンネル型MOSFET600Hのゲート

と接地点との間に、NPN型トランジスタTRのコレクターエミッタ間を直列接続し、NPN型トランジスタTRのベースとマイクロコンピュータ151の汎用ポート152Cとを接続してある。

一方、Nチャンネル型MOSFET600Lのゲートとマイクロコンピュータ151の汎用ポート152Cとが抵抗R2を介して接続される。

[0059] 上記構成において、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにハイ信号を出力すると、NPN型トランジスタTRのコレクターエミッタ間に電流が流れる状態、つまり、NPN型トランジスタTRのオン状態になる。

係るNPN型トランジスタTRのオン状態では、Pチャンネル型MOSFET600Hのソースよりもゲートの電圧が低くなってPチャンネル型MOSFET600Hのソースドレイン間に電流が流れる状態、つまり、Pチャンネル型MOSFET600Hのオン状態になる。

[0060] 一方、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにロー信号を出力し、NPN型トランジスタTRがオフ状態になると、Pチャンネル型MOSFET600Hのソースとゲートとの間の電圧が同じになってPチャンネル型MOSFET600Hのオフ状態となり、Pチャンネル型MOSFET600Hのソースドレイン間には電流が流れない。

また、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNチャンネル型MOSFET600Lのゲートにハイ信号を出力すると、Nチャンネル型MOSFET600Lがオン状態となってドレインソース間に電流が流れるようになる。

[0061] 一方、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNチャンネル型MOSFET600Lのゲートにロー信号を出力すると、Nチャンネル型MOSFET600Lがオフ状態となってドレインソース間に電流が流れない。

従って、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNPN型

トランジスタTRのベースにロー信号を出力し、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNチャンネル型MOSFET600Lのゲートにハイ信号を出力すれば、駆動回路600の出力はLow固定状態となる。

[0062] また、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにハイ信号を出力し、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNチャンネル型MOSFET600Lのゲートにロー信号を出力すれば、駆動回路600の出力はHigh固定状態となる。

更に、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにロー信号を出力し、マイクロコンピュータ151の汎用ポート152CからNチャンネル型MOSFET600Lのゲートにロー信号を出力すれば、駆動回路600の出力はハイインピーダンス固定状態となる。

[0063] 即ち、図10に示した回路において、例えば、図8に示すW相の故障状態が発生したと仮定すると、マイクロコンピュータ151は、目標磁界ベクトルの電気角が $0\text{deg}-120\text{deg}$ の領域では汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにロー信号を出力し、Nチャンネル型MOSFET600Lのゲートにハイ信号を出力することで、駆動回路600の出力をLow固定状態とする。

[0064] また、目標磁界ベクトルの電気角が $180\text{deg}-300\text{deg}$ の領域では、マイクロコンピュータ151は、汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにハイ信号を出力し、Nチャンネル型MOSFET600Lのゲートにロー信号を出力することで、駆動回路600の出力をHigh固定状態とする。

更に、目標磁界ベクトルの電気角が $120\text{deg}-180\text{deg}$ の領域及び $300\text{deg}-360\text{deg}$ の領域では、マイクロコンピュータ151は、汎用ポート152CからNPN型トランジスタTRのベースにロー信号を出力し、Nチャンネル型MOSFET600Lのゲートにロー信号を出力することで、駆動回路600の出力をハイインピーダンス固定状態とする。

[0065] このように、駆動回路600の出力を、High固定状態、Low固定状態、ハイインピーダンス固定状態のいずれかに切り替える場合に、図10の回路を適用すれば、駆動回路600を駆動するための回路を簡略化でき、また、抵抗R2の抵抗値を大きくすることで、サージの伝播によるマイクロコンピュータ151の故障を抑制できる。

なお、図10に示す回路では、中性点NPとU相コイル130U、V相コイル130V及びW相コイル130Wとの間の駆動ライン310U、310V、310Wにリレー330U、330V、330Wを設けるが、図11に示すように、U相コイル130U、V相コイル130V及びW相コイル130Wとインバータ回路300との間の駆動ライン310U、310V、310Wにリレー330U、330V、330Wを設けることができる。

[0066] ところで、中性点NPが地絡した場合に、電動モータ130の駆動を正常状態と同様に継続させると、相コイルに過電流が流れて更なる故障を引き起こす可能性があると共に、各相コイルへの正常な通電及び意図したモータ出力トルクの発生が実現できない。

そこで、コントロールユニット150は、中性点NPの地絡に対して後述する制御を実施することで、相コイルに過大電流が流れることを抑制しつつ、電動モータ130の継続動作を実現する。

なお、以下に説明する中性点NPが地絡した場合におけるコントロールユニット150の制御は、図2、図7、図10、図11のいずれの回路においても適用可能である。

[0067] コントロールユニット150は、例えば、中性点リレー620をオフ状態でインバータ回路300のアップアームスイッチ320UH、320VH、320WHに流れ込む電流を、図12に示す電流検出器341で検出することで、中性点NPの地絡による過電流の発生を検出する。

そして、コントロールユニット150は、中性点NPから中性点リレー620までの間における地絡故障を検出すると、中性点リレー620をオフ状態からオン状態に切り替え制御し、更に、駆動回路600の出力をLow固定状

態、つまり、半導体スイッチ600Hの駆動デューティ比を0%に固定し、半導体スイッチ600Lの駆動デューティ比を100%に固定する。

[0068] 中性点リレー620をオン状態に制御しても駆動回路600の出力をLow固定状態とすれば、駆動回路600と地絡点との間で過大な電流が流れることはなく、また、地絡した箇所のインピーダンスは不明であるが駆動回路600の出力をLow固定状態とすることで、中性点NPを低インピーダンスでグラウンドGND電位に接続することができる。

上記のように、中性点リレー620をオン状態に制御し、かつ、駆動回路600の出力をLow固定状態とすると、インバータ回路300は電流の流し出ししかできないことになるが、インバータ回路300における各相の出力デューティを変化させて各相コイルへの通電電流を制御することで、任意の磁界ベクトルを発生させて電動モータ130を駆動することができる。

[0069] 図12は、中性点NPが地絡したときのコントロールユニット150の制御動作を説明するための図である。

中性点リレー620がオン状態で、かつ、駆動回路600の出力をLow固定状態としたときには、前述のように、インバータ回路300における流出入電流は各相への流し出しだけとなる。

このため、U相コイル130Uにのみ電流を流し出したときの磁界ベクトルの方向は図12に示す180degの方向となり、V相コイル130Vにのみ電流を流し出したときの磁界ベクトルの方向は図12に示す300degの方向となり、W相コイル130Wにのみ電流を流し出したときの磁界ベクトルの方向は図12に示す60degの方向となる。

[0070] そこで、コントロールユニット150は、3相のうちの1つの相への電流流し出しによって発生する磁界ベクトルの方向が、発生させたい磁界ベクトルの方向と120deg以上異なる場合には、当該相の出力をLow固定状態とするか又はハイインピーダンス固定状態とする。

例えば、図12に示すように、発生させたい磁界ベクトルの電気角が300deg-60degの範囲内であるとき、係る磁界ベクトルの電気角領域300deg

eg-6 0degと、U相への電流流し出しによって発生する磁界ベクトルの電気角である180degとは120deg以上異なる。そこで、コントロールユニット150は、発生させたい磁界ベクトルの電気角が300deg-60degの範囲内である場合、インバータ回路300におけるU相出力をLow固定状態とするか又はハイインピーダンス固定状態とする。

[0071] U相出力のLow固定状態とは、半導体スイッチ320UHの駆動デューティ比を0%に固定し、半導体スイッチ320ULの駆動デューティ比を100%に固定する状態である。

また、U相出力のハイインピーダンス固定状態とは、半導体スイッチ320UH及び半導体スイッチ320ULの駆動デューティ比を共に0%に固定する状態である。

[0072] また、V相への電流流し出しによって発生する磁界ベクトルの電気角は300degであり、W相への電流流し出しによって発生する磁界ベクトルの電気角は60degである。

そこで、コントロールユニット150は、発生させたい磁界ベクトルの電気角が60deg-180degの範囲内である場合、インバータ回路300におけるV相出力をLow固定状態とするか又はハイインピーダンス固定状態とし、発生させたい磁界ベクトルの電気角が180deg-300degの範囲内である場合には、インバータ回路300におけるW相出力をLow固定状態とするか又はハイインピーダンス固定状態とする。

[0073] そして、例えば、発生させたい磁界ベクトルの電気角が300deg-60degの範囲内である場合、コントロールユニット150は、V相に流す電流及びW相に流す電流をインバータ回路300のPWM制御によって調整し、300deg-60degの範囲内で磁界ベクトルの電気角を変化させる。

V相への電流流し出しによって電気角300degの磁界ベクトルが発生し、W相への電流流し出しによって電気角60degの磁界ベクトルが発生する。

[0074] 従って、発生させたい磁界ベクトルの方向が300degの状態では、W相への電流の流し出しを遮断してV相に電流を流し、発生させたい磁界ベクトル

の電気角の変化に応じてインバータ回路300からV相に流し出す電流を減らし相対的にインバータ回路300からW相に流し出す電流を増やすことで、磁界ベクトルの電気角を300degの電気角から増大させ、最終的には、V相への電流流し出しを遮断してW相に電流を流すことで、磁界ベクトルの電気角を60degとすることができる。

[0075] 同様に、発生させたい磁界ベクトルの電気角が60deg－180degの範囲内である場合、コントロールユニット150は、U相に流す電流及びW相に流す電流をインバータ回路300のPWM制御によって調整し、60deg－180degの範囲内で磁界ベクトルの電気角を変化させる。また、発生させたい磁界ベクトルの電気角が180deg－300degの範囲内である場合、コントロールユニット150は、U相に流す電流及びV相に流す電流をインバータ回路300のPWM制御によって調整し、180deg－300degの範囲内で磁界ベクトルの電気角を変化させる。

これにより、コントロールユニット150は、中性点NPが地絡する故障が発生した場合においても、電動モータ130を回転駆動させることができる。

[0076] なお、上記のように、中性点NPが地絡した場合には駆動回路600をLow固定状態とするから、駆動回路600を半導体スイッチ600Hと半導体スイッチ600Lとで構成する代わりに、中性点NPと接地点とを接続するラインに設けたトランジスタなどの半導体スイッチで駆動回路600を構成し、係る半導体スイッチを中性点NPが地絡したときにオン状態に制御する構成とすることができる。

[0077] また、上記の地絡故障は、中性点NPから中性点リレー620までの間における地絡故障であるが、コントロールユニット150は、中性点リレー620から駆動回路600との間での地絡故障の有無を検出し、中性点リレー620から駆動回路600との間で地絡故障が発生した場合には、中性点リレー620をオフ状態に保持させる。

中性点リレー620から駆動回路600との間での地絡故障の有無は、例

例えば、中性点リレー 620 から駆動回路 600 との間に電流検出器 342 を設け、中性点リレー 620 のオフ状態で、半導体スイッチ 600H をオンし半導体スイッチ 600L をオフしたときに、電流検出器 342 で電流が検出されるか否かに基づいて診断することができる。

[0078] なお、電流検出器 342 に代えて、図 13 に示すように、プルアップ抵抗 R51 及び 2 つのプルダウン抵抗 R52, R53 を用いてもよい。

具体的には、電源ライン 510 と、駆動回路 600 及び中性点リレー 620 の間に位置する駆動ライン 610 との間に、プルアップ抵抗 R51 が配設される。また、駆動ライン 610 におけるプルアップ抵抗 R51 の接続点には、2 つのプルダウン抵抗 R52, R53 を介してグラウンド GND が接続される。そして、マイクロコンピュータ 151 は、駆動回路 600 の MOSFET 600H 及び MOSFET 600L をオフに制御した状態で、2 つのプルダウン抵抗 R52, R53 の接続点の電位から、駆動ライン 610 に地絡が発生したか否かを検出する。

[0079] そして、中性点リレー 620 から駆動回路 600 との間での地絡故障が発生したときに、中性点リレー 620 をオフ状態に保持させるか又はハイインピーダンス出力とすることで、電動モータ 130 の各相が正常であれば電動モータ 130 の駆動を継続させることができ、また、駆動回路 600 に過電流が流れることを抑制できる。

[0080] 上記実施形態で説明した各技術的思想は、矛盾が生じない限りにおいて適宜組み合わせて使用することができる。

また、好ましい実施形態を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば種々の変形態様を採り得ることは自明である。

[0081] 例えば、電動モータ 130 は、3 相 DC ブラシレスモータに限定されるものではなく、4 相以上の相コイルを有する同期電動機とすることができる。

また、リレー 330U, 330V, 330W を半導体スイッチで構成する場合には、N チャネル型 MOSFET 又は P チャネル型 MOSFET とする

ことができる。

また、電動モータ 130 は、電動パワーステアリング装置 100 において操舵補助力を発生させる電動モータに限定されるものではなく、例えば、車両においてオイルや冷却水を循環させる流体ポンプを駆動する電動モータとすることができる。

符号の説明

[0082] 100…電動パワーステアリング装置、130…電動モータ、130U, 130V, 130W…相コイル、140…駆動装置、150…コントロールユニット、151…マイクロコンピュータ、300…インバータ回路（駆動手段）、330U, 330V, 330W…リレー（スイッチング手段）、400…プリドライバ、500…電源リレー装置、600…中性点駆動回路、600H, 600L…半導体スイッチ、620…中性点リレー（遮断回路）、700…バッテリー（電源）

請求の範囲

- [請求項1] 各相コイルがスター結線された多相電動モータと、
前記多相電動モータを駆動する駆動手段と、
前記スター結線の中性点に接続される駆動回路と、
を備えた電動モータの制御装置において、
前記中性点から前記駆動回路までの経路に異常が生じたときに前記駆動回路の出力をローとする、電動モータの制御装置。
- [請求項2] 前記中性点と前記駆動回路との間に遮断回路を備え、
前記中性点と前記遮断回路との間の経路に異常が生じたときに前記遮断回路を通電状態にすると共に前記駆動回路の出力をローとする、
請求項1記載の電動モータの制御装置。
- [請求項3] 前記中性点と前記駆動回路との間に遮断回路を備え、
前記駆動回路と前記遮断回路との間の経路に異常が生じたときに前記遮断回路を遮断状態にする、請求項1記載の電動モータの制御装置。
- [請求項4] 前記中性点と前記遮断回路との間の経路に異常が生じたときに、前記遮断回路を通電状態にすると共に前記駆動回路の出力をローとし、
更に、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて、前記多相電動モータの多相のうちローとハイインピーダンスとのいずれか一方に固定とする相とPWM制御によってスイッチング動作させる複数相とを切り替える、請求項2記載の電動モータの制御装置。
- [請求項5] 前記多相電動モータが3相電動モータであり、
前記3相のうちの1相に前記駆動手段から電流を流し出した場合に発生する磁界ベクトルの電気角と、発生させたい磁界ベクトルの電気角とが、所定角度を超えて異なるときに前記1相をロー又はハイインピーダンスに固定する、請求項4記載の電動モータの制御装置。
- [請求項6] 前記駆動回路と前記遮断回路との間に電流検出器を設け、前記遮断回路が遮断状態であるときに前記駆動回路の出力をハイに固定とした

ときの前記電流検出器の検出値に基づいて、前記駆動回路と前記遮断回路との間の経路における異常の有無を検出する、請求項3記載の電動モータの制御装置。

[請求項7] 前記駆動手段のアップアームスイッチに流れ込む電流を検出する電流検出器を設け、前記駆動手段による前記多相電動モータの駆動状態での前記電流検出器の検出値に基づいて、前記中性点と前記遮断回路との間の経路における異常の有無を検出する、請求項2記載の電動モータの制御装置。

[請求項8] 前記多相電動モータの各相コイルそれぞれと直列に接続されるスイッチング手段を更に備え、

前記中性点から前記駆動回路までの経路に異常がない状態で前記多相電動モータの多相のうちのいずれかの相で故障が生じたときに、故障が生じた相を前記スイッチング手段によって遮断し、前記遮断回路を通電状態とし、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて前記駆動回路の出力を変化させる、請求項1記載の電動モータの制御装置。

[請求項9] 前記駆動回路の出力を、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて、ハイに固定する状態、ローに固定する状態、ハイインピーダンスに固定する状態のいずれかに切り替える、請求項8記載の電動モータの制御装置。

[請求項10] 前記駆動回路の駆動デューティ比を、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて周期的に変動させる、請求項8記載の電動モータの制御装置。

[請求項11] 前記多相電動モータが、車両用の電動パワーステアリング装置において操舵補助力を発生させる電動モータである、請求項1記載の電動モータの制御装置。

[請求項12] 各相コイルがスター結線された多相電動モータの制御方法であって、
前記スター結線の中性点から前記中性点に接続される駆動回路まで

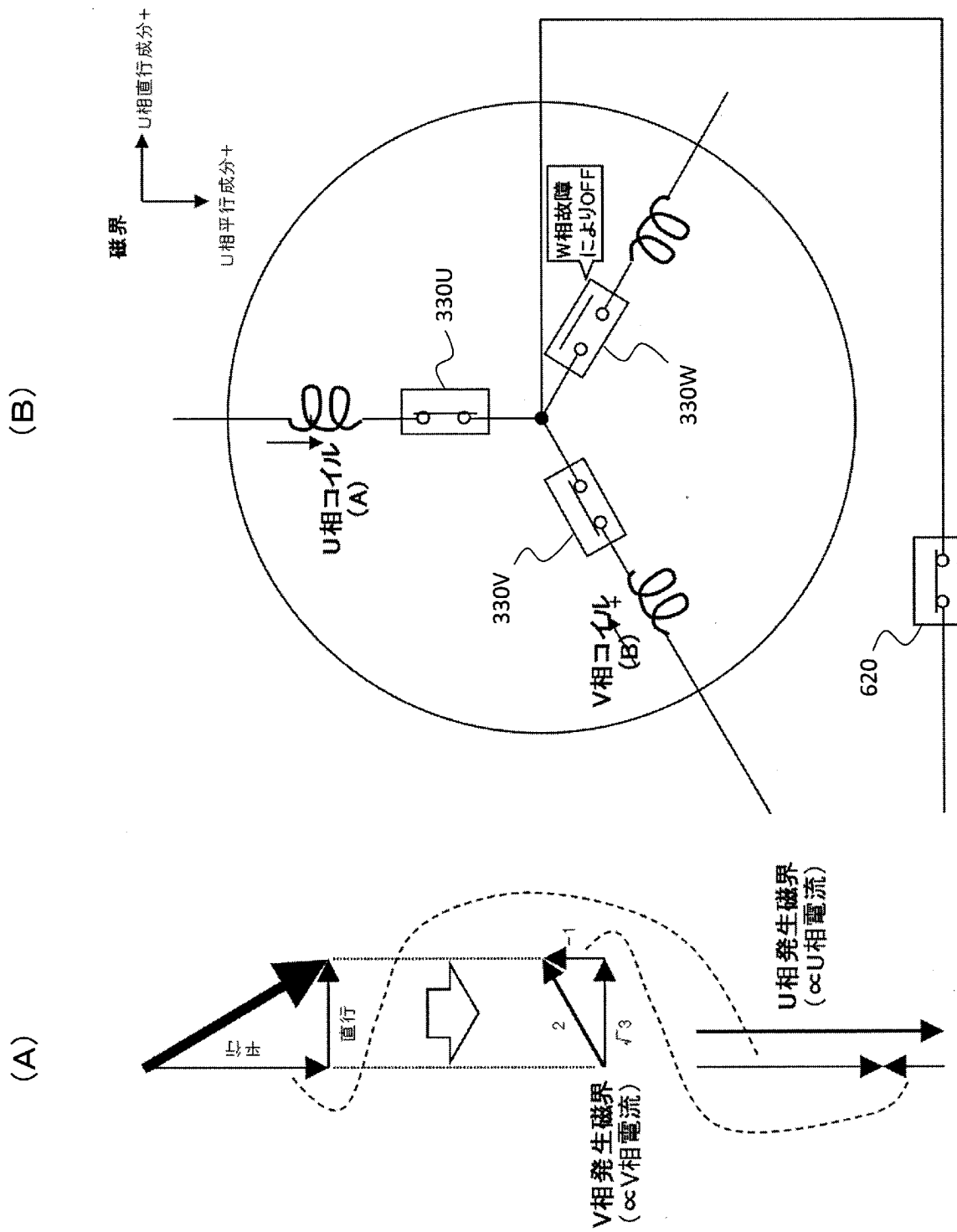
の経路に異常が生じたときに前記駆動回路の出力をローとする、電動モータの制御方法。

[請求項13] 前記中性点から前記駆動回路までの経路に異常がない状態で前記多相電動モータの多相のうちのいずれかの相で故障が生じたときに、故障が生じた相を遮断し、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて前記駆動回路の出力を変化させる、請求項12記載の電動モータの制御方法。

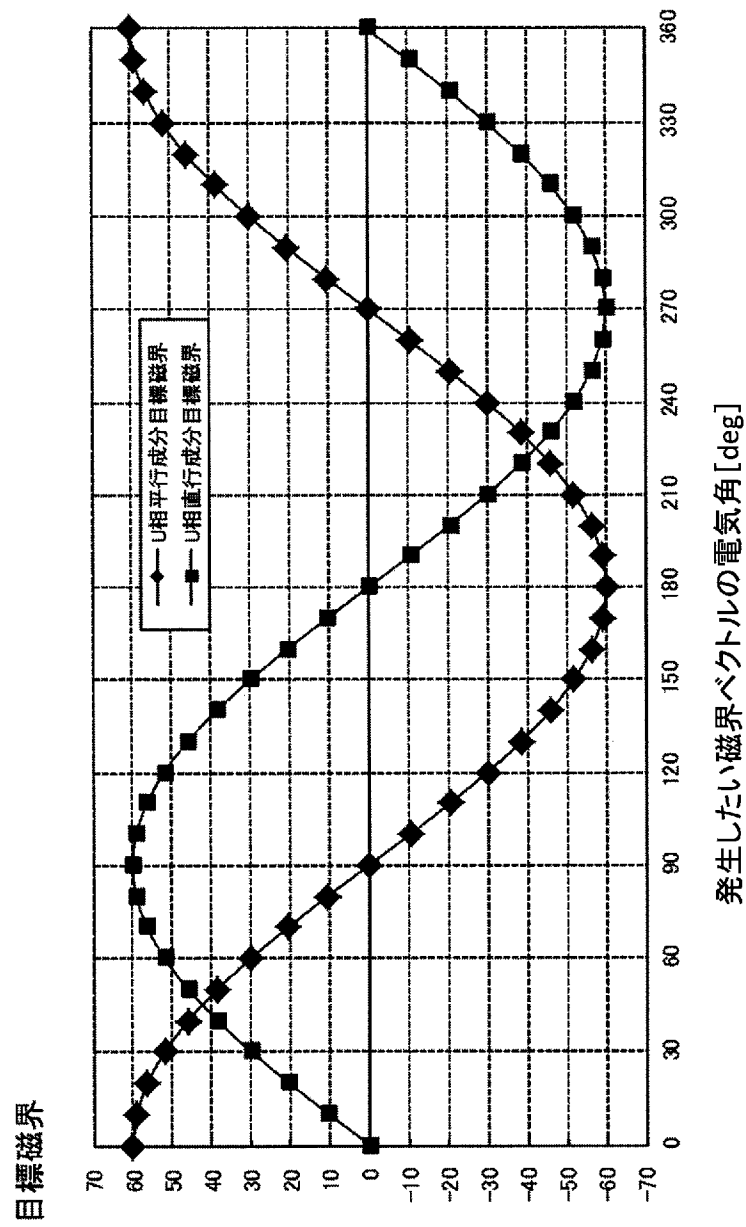
[請求項14] 前記駆動回路の出力を、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて、ハイに固定する状態、ローに固定する状態、ハイインピーダンスに固定する状態のいずれかに切り替える、請求項13記載の電動モータの制御方法。

[請求項15] 前記駆動回路の駆動デューティ比を、発生させたい磁界ベクトルの電気角に応じて周期的に変動させる、請求項13記載の電動モータの制御方法。

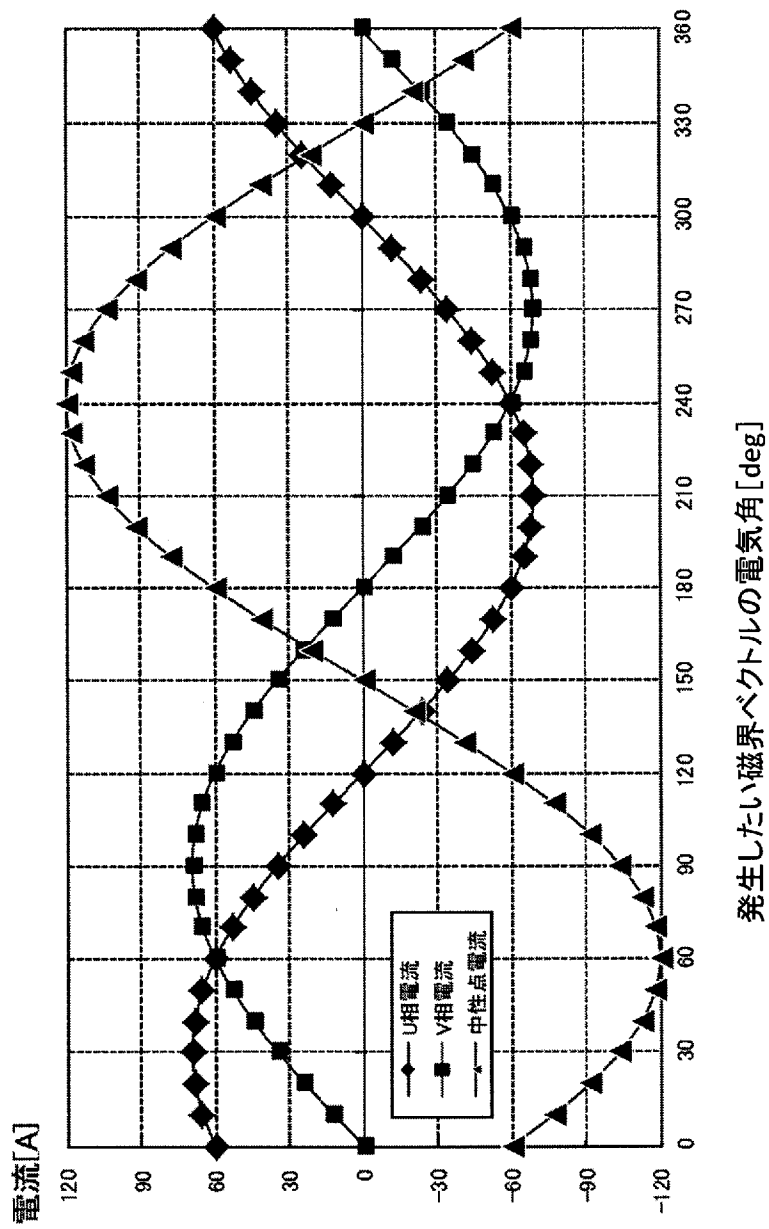
[図3]



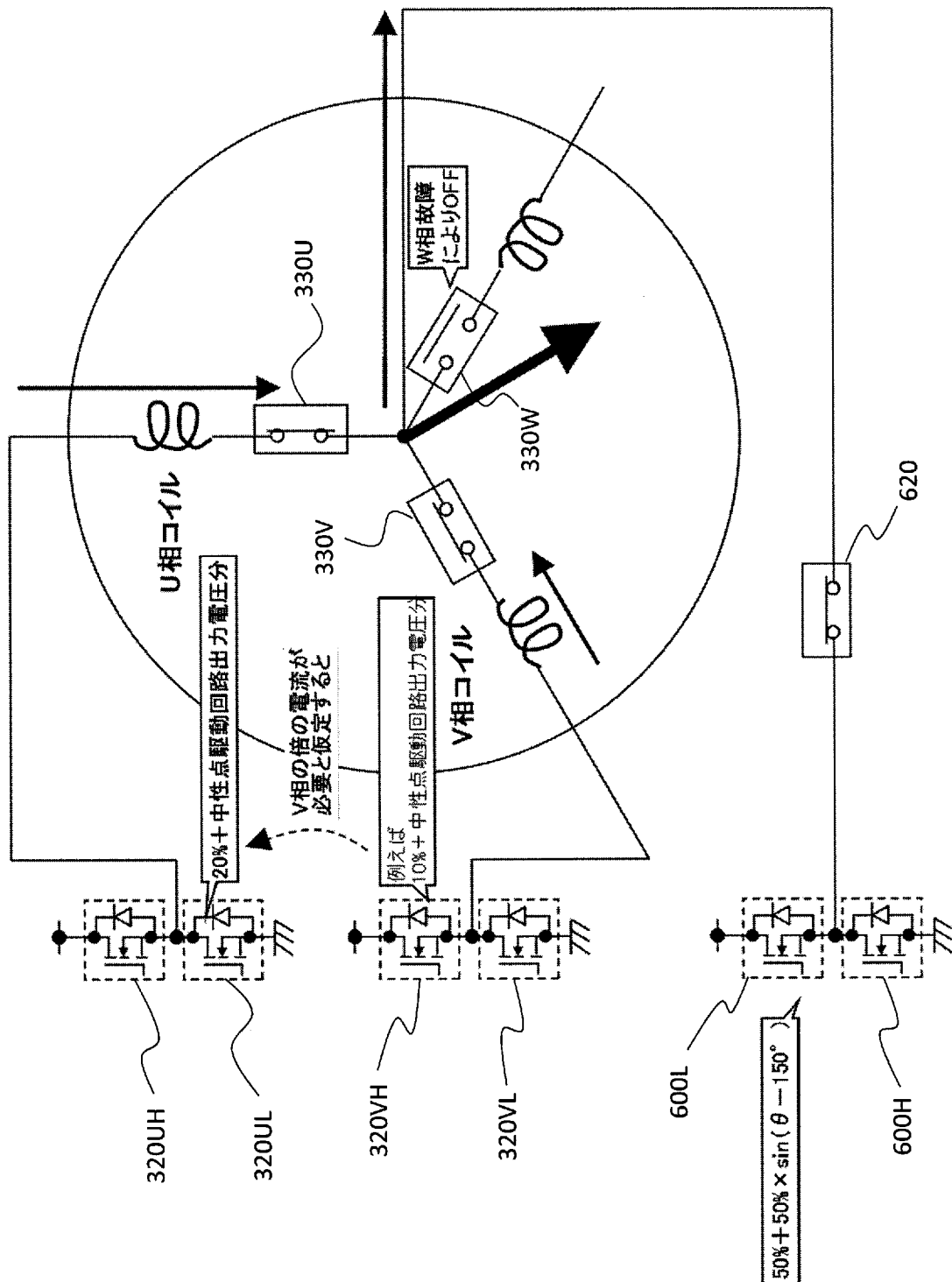
[図4]



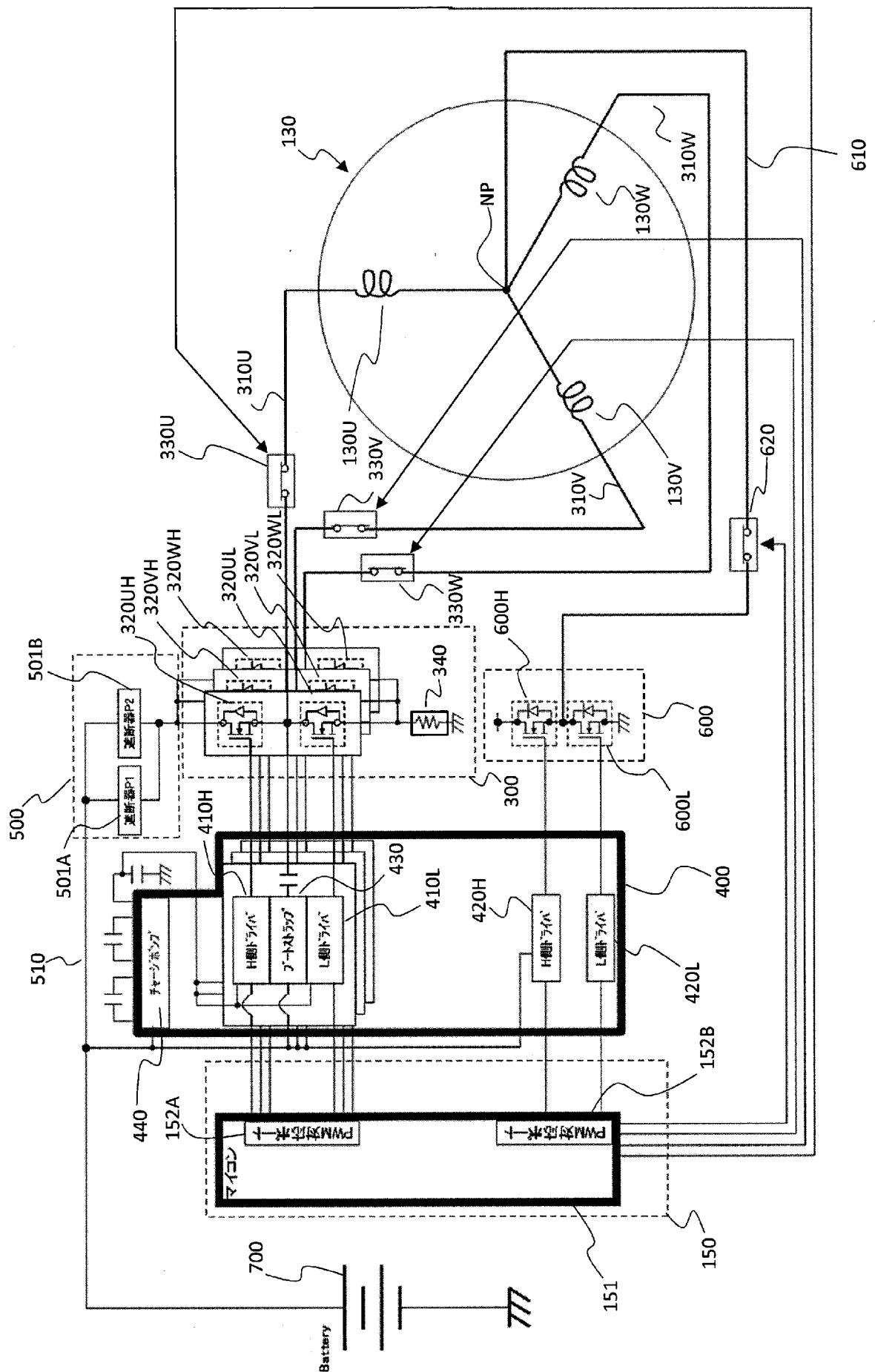
[図5]



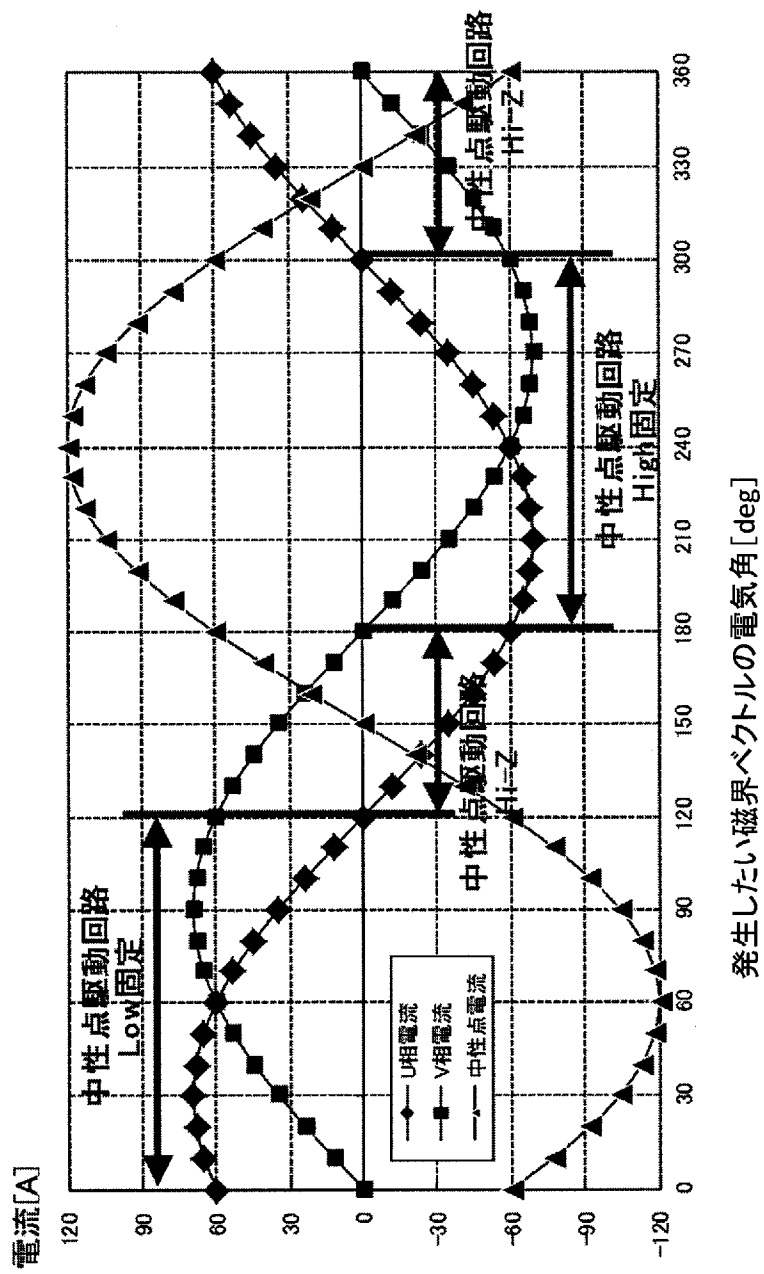
[図6]



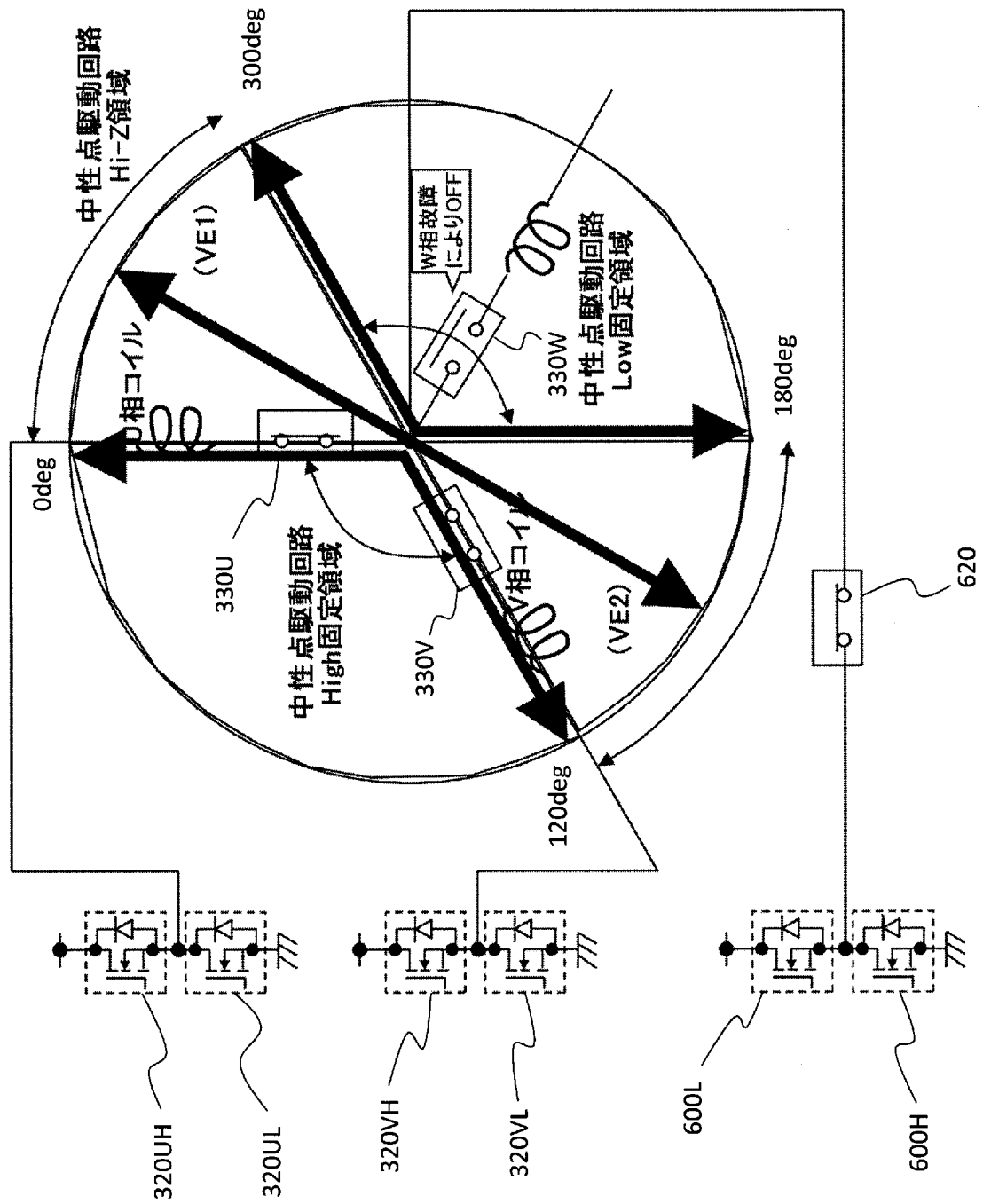
[図7]



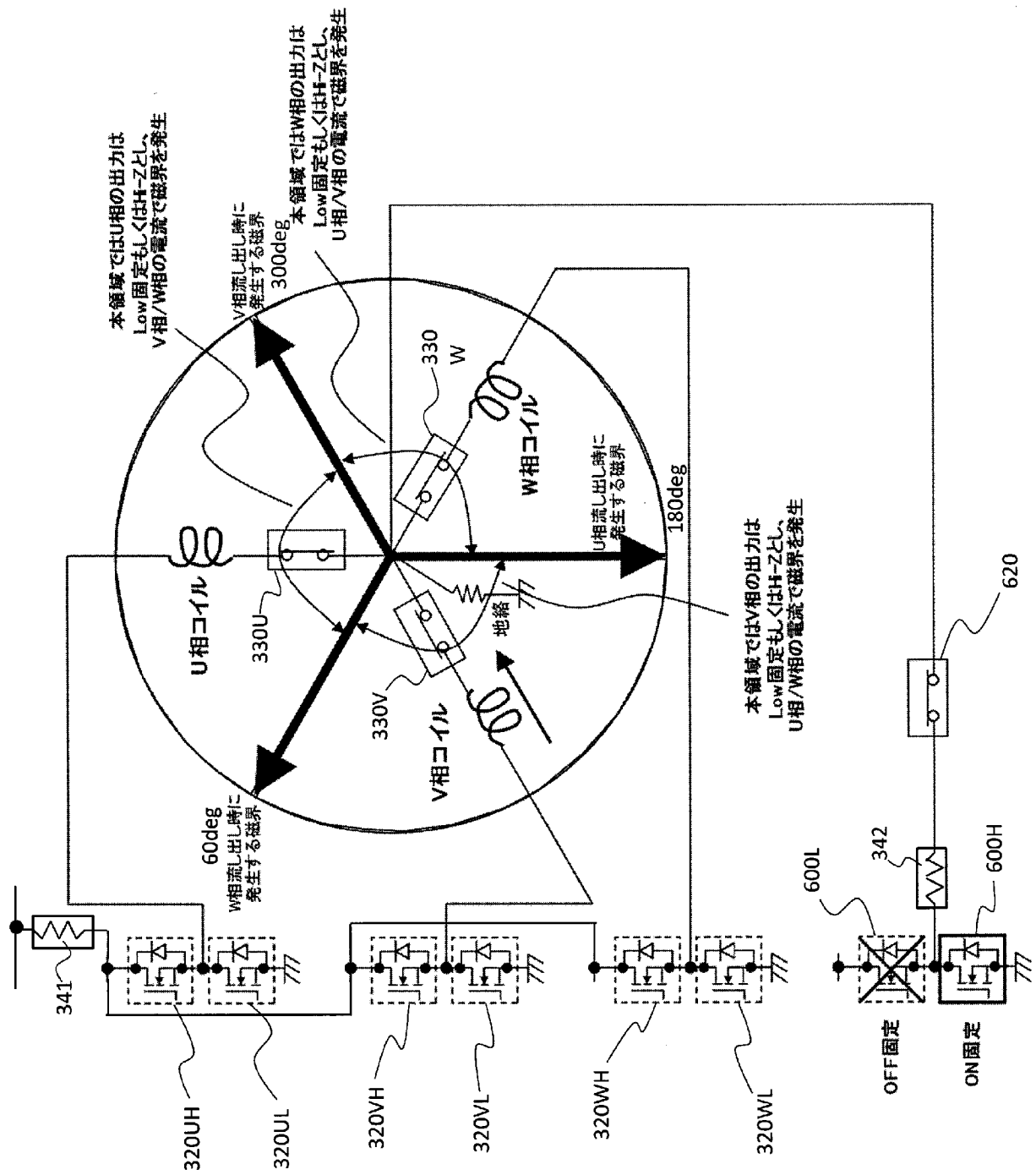
[図8]



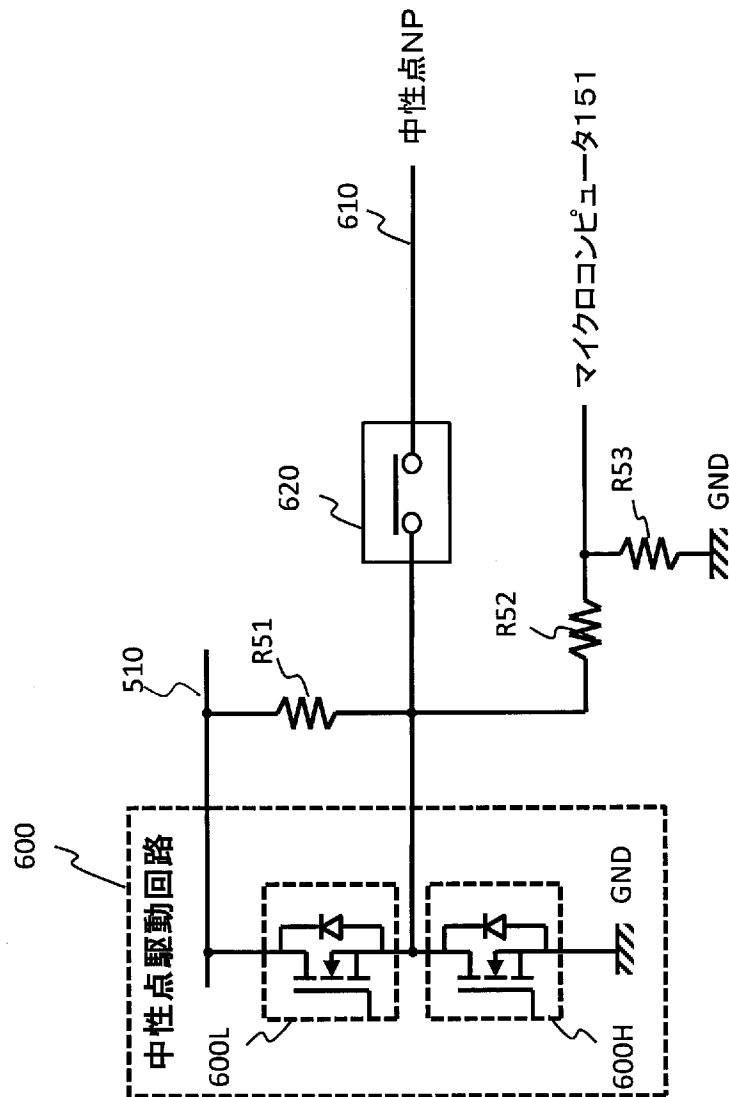
[図9]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P27/06(2006.01)i, H02P6/12(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02P27/06, H02P6/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 2009-95170 A (Denso Corp.), 30 April 2009 (30.04.2009), fig. 1 to 4; paragraphs [0020] to [0045] & US 2009/0096394 A1 & EP 2048774 A2	1-15
A	EP 2574520 A2 (STILL GmbH), 03 April 2013 (03.04.2013), fig. 3 to 7; paragraphs [0036] to [0042] & DE 102011054620 A1	1-15
A	JP 4710528 B2 (NSK Ltd.), 29 June 2011 (29.06.2011), paragraphs [0031] to [0046]; fig. 2, 12 (Family: none)	1-15

☒ 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 September, 2014 (12.09.14)

Date of mailing of the international search report
22 September, 2014 (22.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068395

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-98410 A (Hitachi, Ltd.), 08 April 1994 (08.04.1994), fig. 21; paragraph [0043] & US 5414339 A & EP 0588628 A1 & CN 1088521 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P27/06(2006.01)i, H02P6/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P27/06, H02P6/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	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 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	JP 2009-95170 A（株式会社デンソー）2009.04.30, 図1-4、段落【0020】-【0045】 & US 2009/0096394 A1 & EP 2048774 A2	1-15
A	EP 2574520 A2（STILL GmbH）2013.04.03, 第3-7図、段落[0036]-[0042] & DE 102011054620 A1	1-15
A	JP 4710528 B2（日本精工株式会社）2011.06.29, 段落【0031】-【0046】、図2、12（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

1 2 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 9 . 2 0 1 4

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）

マキロイ 寛済

3 V

4 0 3 1

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 6-98410 A (株式会社日立製作所) 1994. 04. 08, 図 2 1、段落【0 0 4 3】 & US 5414339 A & EP 0588628 A1 & CN 1088521 A	1-15