

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年1月10日(10.01.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/008932 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 27/06 (2006.01) H02P 25/022 (2016.01)
H02M 7/48 (2007.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/019944

(22) 国際出願日: 2018年5月24日(24.05.2018)

(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 2017-133845 2017年7月7日(07.07.2017) 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: 荒木隆宏(ARAKI Takahiro); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 宮崎 英樹(MIYAZAKI Hideki); 〒3128503 茨城県ひたち

なか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 三井 利貞(MITSUI Toshisada); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

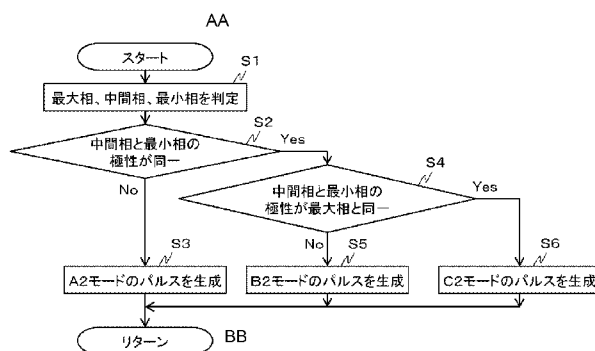
(74) 代理人: 戸田 裕二(TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MOTOR CONTROL SYSTEM AND ELECTRIC VEHICLE

(54) 発明の名称: モータ制御装置および電動車両

【図3】



S1 Determine maximum phase, intermediate phase, and minimum phase
S2 Is polarity of intermediate phase and minimum phase the same?
S3 Generate pulse in A2 mode
S4 Is polarity of intermediate phase and minimum phase the same polarity as maximum phase?
S5 Generate pulse in B2 mode
S6 Generate pulse in C2 mode
AA Start
BB Return

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of ripple current (ripple) occurring in the zero-phase current and increasing loss. A motor control system 1 is provided with: an inverter 100 for driving a motor 200 equipped with independently wound coils for each phase; and an inverter control unit 300 for, on the basis of a torque command value and the rotor position of the motor 200, generating output voltage pulses corresponding to the phases and controlling the inverter 100. The inverter control unit 300 generates and divides into a plurality an output voltage pulse of at least one phase, among the output voltage pulses during a single pulse cycle, such that the motor 200 outputs zero-phase voltage of only negative polarity or only positive polarity multiple times during a single pulse cycle of the output voltage pulses.



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: 零相電流に脈流電流(リップル)が発生して、損失が増加する。モータ制御装置1は、各相に独立して巻かれた巻線を有するモータ200を駆動するインバータ100と、トルク指令値とモータ200の回転子位置とに基づき、各相に対応する出力電圧パルスを生成してインバータ100を制御するインバータ制御部300とを備え、インバータ制御部300は、出力電圧パルスの1パルス周期中にモータ200から正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、出力電圧パルスの少なくとも一つの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置および電動車両

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置および電動車両に関する。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車や電気自動車は、駆動力向上の観点からモータ出力の向上が要求される。これらの要求に対し、三相の巻線を独立させたモータが考えられているが、中性点が接続されていないため、モータを駆動する駆動電流に零相電流が重畳し、銅損などの損失が増加する。

[0003] 特許文献 1 には、零相電流の現在値を減少させるような第 1 および第 2 の電圧形インバータの通電モードを選択する誘導電動機の高速トルク制御装置が記載されている。この装置は零相電流を抑制し、損失を低減する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特公平 6－101958 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 に記載の方法では、零相電流に脈流電流(リップル)が発生して、損失が増加する。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明によるモータ制御装置は、各相に独立して巻かれた巻線を有するモータを駆動するインバータと、トルク指令値と前記モータの回転子位置とに基づき、前記各相に対応する出力電圧パルスを生成して前記インバータを制御するインバータ制御部とを備え、前記インバータ制御部は、前記出力電圧パルスの 1 パルス周期中に前記モータから正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、前記出力電圧パルスの少なくとも一つの相の出力電圧パルスを前記 1 パルス周期中に複数に分割して生成する。

本発明による電動車両は、前記モータ制御装置と、前記モータ制御装置により駆動される前記モータとを備える。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、零相電流に発生するリップルを抑えて損失を低減することができる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]第1の実施形態に係るモータ制御装置の構成を示す図である。
[図2]第1の実施形態に係るインバータ制御部の構成を示す図である。
[図3]第1の実施形態におけるスイッチング信号生成部のフローチャートを示す図である。
[図4]A 2モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図5]B 2モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図6]C 2モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図7]第2の実施形態に係るインバータ制御部の構成を示す図である。
[図8]第2の実施形態におけるスイッチング信号生成部のフローチャートを示す図である。
[図9]A 1モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図10]B 1モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図11]C 1モードにおける出力電圧パルスを示す図である。
[図12]電動車両の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] ー第1の実施形態ー

以下、図1乃至図6を参照して第1の実施形態について説明する。

図1は、第1の実施形態に係るモータ制御装置1の構成を示す図である。

モータ制御装置1は、インバータ100とインバータ制御部300を含む。モータ制御装置1は、モータ200の駆動を制御し、位置センサ210によりモータ200の回転子の位置を検出し、電流センサ220によりモータ200に流れる電流を検出する。

- [0010] インバータ１００は、Ｕ相フルブリッジインバータ１１０と、Ｖ相フルブリッジインバータ１１１と、Ｗ相フルブリッジインバータ１１２とにより構成される。Ｕ相フルブリッジインバータ１１０と、Ｖ相フルブリッジインバータ１１１と、Ｗ相フルブリッジインバータ１１２とは、図示省略した直流電源に並列接続される。
- [0011] Ｕ相フルブリッジインバータ１１０は、スイッチング素子１１０ａ～１１０ｄにより構成される。スイッチング素子１１０ａはＵ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１０ｂはＵ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１０ｃはＵ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１０ｄはＵ相右レグ下アームに配置される。
- [0012] Ｖ相フルブリッジインバータ１１１は、スイッチング素子１１１ａ～１１１ｄにより構成される。スイッチング素子１１１ａはＶ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１１ｂはＶ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１１ｃはＶ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１１ｄはＶ相右レグ下アームに配置される。
- [0013] Ｗ相フルブリッジインバータ１１２は、スイッチング素子１１２ａ～１１２ｄにより構成される。スイッチング素子１１２ａはＷ相左レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１２ｂはＷ相左レグ下アームに配置される。スイッチング素子１１２ｃはＷ相右レグ上アームに配置される。スイッチング素子１１２ｄはＷ相右レグ下アームに配置される。
- [0014] スwitchング素子１１０ａ～１１０ｄと、スイッチング素子１１１ａ～１１１ｄと、スイッチング素子１１２ａ～１１２ｄは、金属酸化膜型電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）や絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）などと、ダイオードを組み合わせで構成される。本実施形態では、ＭＯＳＦＥＴとダイオードを用いる構成で説明する。
- [0015] インバータ制御部３００で生成された出力電圧パルスはインバータ１００へ出力される。出力電圧パルスに基づいて、スイッチング素子１１０ａ～１１０ｄと、スイッチング素子１１１ａ～１１１ｄと、スイッチング素子１１

2 a ~ 1 1 2 d がオンもしくはオフ制御される。これにより、図示省略した直流電源より印加された直流電圧を交流電圧に変換する。変換された交流電圧は、モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた 3 相巻線 2 0 1 ~ 2 0 3 に印加され、3 相交流電流を発生させる。この 3 相交流電流がモータ 2 0 0 に回転磁界を発生させ、モータ 2 0 0 の回転子が回転する。

[0016] モータ 2 0 0 は中性点が接続されていない埋込磁石同期モータなどにより構成される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた U 相巻線 2 0 1 は、U 相フルブリッジインバータ 1 1 0 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた V 相巻線 2 0 2 は、V 相フルブリッジインバータ 1 1 1 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた W 相巻線 2 0 3 は、W 相フルブリッジインバータ 1 1 2 の出力端子に接続される。モータ 2 0 0 は中性点が接続されていないことにより、U 相巻線 2 0 1 と、V 相巻線 2 0 2 と、W 相巻線 2 0 3 に流れる電流をそれぞれ独立に制御することができる。

[0017] 位置センサ 2 1 0 は、モータ 2 0 0 の回転子の位置を検出し、検出した回転子位置 θ をインバータ制御部 3 0 0 へ出力する。

[0018] 電流センサ 2 2 0 は、モータ 2 0 0 の固定子に巻かれた、U 相巻線 2 0 1 と、V 相巻線 2 0 2 と、W 相巻線 2 0 3 に流れる電流を検出し、検出した三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w をインバータ制御部 3 0 0 へ出力する。

[0019] インバータ制御部 3 0 0 は、図示省略した車両コントローラからのトルク指令値 T^* 、電流センサ 2 2 0 で検出された三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w 、位置センサ 2 1 0 で検出された回転子位置 θ に基づいてインバータ 1 0 0 へ出力電圧パルスを出力する。

[0020] 図 2 は、第 1 の実施形態に係るインバータ制御部 3 0 0 の構成を示す図である。インバータ制御部 3 0 0 は、d q 変換部 4 0、零相電流算出部 5 0、速度変換部 7 0、電流指令演算部 1 0、d q 軸電流制御部 2 0、零相電流制御部 6 0、U V W 変換部 9 0、スイッチング信号生成部 3 0 を備える。

[0021] d q 変換部 4 0 は、電流センサ 2 2 0 で検出された三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w と、位置センサ 2 1 0 で検出された回転子位置 θ が入力され、d q 軸電流検

出値 i_d 、 i_q を出力する。

[0022] 零相電流算出部 50 は、三相電流 i_u 、 i_v 、 i_w が入力され、次式 (1) に基づいて算出された零相電流検出値 i_z を出力する。

[数1]

$$i_z = \frac{i_u}{\sqrt{3}} + \frac{i_v}{\sqrt{3}} + \frac{i_w}{\sqrt{3}} \quad \dots \quad (1)$$

[0023] 速度変換部 70 は、位置センサ 210 で検出された回転子位置 θ が入力され、角速度 ω を出力する。

[0024] 電流指令演算部 10 は、車両コントローラから入力されたトルク指令値 T^* と、角速度 ω とに基づき、 dq 軸電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と、零相電流指令値 i_z^* を算出する。

[0025] dq 軸電流制御部 20 には、 dq 軸電流指令値 i_d^* 、 i_q^* と、 dq 軸電流検出値 i_d 、 i_q が入力され、 dq 軸電流制御部 20 は、比例制御や積分制御などを用いて dq 軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* を演算してこれを出力する。

[0026] 零相電流制御部 60 には、零相電流指令値 i_z^* と、零相電流検出値 i_z が入力され、零相電流制御部 60 は、比例制御や積分制御などを用いて零相電圧指令値 v_z^* を演算してこれを出力する。すなわち、零相電流指令値 i_z^* と零相電流検出値 i_z との差分をとり、その差分が無くなる方向の零相電圧指令値 v_z^* を出力する。

[0027] UVW 変換部 90 には、 dq 軸電圧指令値 v_d^* 、 v_q^* と、零相電圧指令値 v_z^* と、回転子位置 θ とが入力され、UVW 変換部 90 は、回転座標変換により UVW 相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を演算してこれを出力する。UVW 相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* は出力電圧パルス幅を示す値である。

[0028] スwitching 信号生成部 30 は、UVW 相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に基づいて、インバータ 100 を PWM 制御する。具体的には、Switching 素子 110a ~ 110d と、Switching 素子 111a ~ 111d と、Switching 素子 112a ~ 112d とをオンもしくはオフ制御する出力電圧パルスを生成する。Switching 信号生成部 30 は、一般に、1 パルス周期に 1

パルスの出力電圧パルスによりインバータ 100 を PWM 制御するが、本実施形態では、後述するように、1 パルスの出力電圧パルスを複数に分割する。インバータ 100 は、出力電圧パルスに基づいてスイッチング素子を制御し、モータ 200 を駆動する。

[0029] 次に、第 1 の実施形態におけるモータ制御装置 1 の動作を説明する。

図 3 は第 1 の実施形態におけるスイッチング信号生成部 30 のフローチャートを示す図である。

[0030] ステップ S 1 において、スイッチング信号生成部 30 は、U V W 相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に基づいて、電圧指令値の出力パルス幅が最も長い最大相、電圧指令値の出力パルス幅が最も短い最小相、これらの中間の中間相を判定する。

[0031] 次に、ステップ S 2 において、ステップ S 1 で判定した中間相の電圧指令値の極性と、最小相の電圧指令値の極性が同一であるかを判定する。中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値が同一ではない場合、ステップ S 3 へ進む。

[0032] ステップ S 3 において、スイッチング信号生成部 30 は、詳細は後述する A 2 モードの出力電圧パルスを生成する。A 2 モードでは、U V W 相電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* のうち、最大相の電圧指令値と極性が同一である中間相もしくは最小相の電圧指令値について、その出力電圧パルスを分割する。これにより、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力することができる。

[0033] なお 1 パルス周期とは、三角波キャリア比較法など従来の PWM 制御による 1 パルス周期であり、例えば、本実施形態では出力電圧パルスが分割されない最大相の出力電圧パルスの周期に相当する。

[0034] 一方、ステップ S 2 において中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値の極性が同一の場合、ステップ S 4 へ進む。ステップ S 4 において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一か判定する。中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧

指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一ではない場合、ステップ S 5 へ進む。

[0035] ステップ S 5 において、スイッチング信号生成部 30 は、詳細は後述する B 2 モードの出力電圧パルスを生成する。B 2 モードでは、中間相または最小相のいずれか一方の出力電圧パルスを分割する。これにより、1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。

[0036] 一方、ステップ S 4 において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一の場合、ステップ S 6 へ進む。

ステップ S 6 において、スイッチング信号生成部 30 は、詳細は後述する C 2 モードの出力電圧パルスを生成する。C 2 モードでは、全ての相の出力電圧パルスを分割することで 1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。

[0037] 図 4 (a) ~ (c) はステップ S 3 において生成される A 2 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。A 2 モードでは、最大相の電圧指令値と極性が同一である中間相もしくは最小相の電圧指令値について、その出力パルス幅を分割する。

[0038] 例えば、図 4 (c) に示す最小相である W 相の電圧指令値の極性が、図 4 (a) に示す最大相である U 相の電圧指令値の極性と同一である。この場合は、図 4 (c) に示す W 相の電圧指令値の出力電圧パルスを分割する。ここでは 1 パルス周期 T を前半 T_1 と後半 T_2 に分け、1 パルス周期の前半 T_1 では、分割する図 4 (c) に示す W 相の出力電圧パルスの出力開始タイミング t_{w1} を図 4 (a) に示す U 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させる。さらに、1 パルス周期の後半 T_2 では、図 4 (c) に示す W 相の出力電圧パルスの出力停止タイミング t_{w2} を図 4 (a) に示す U 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。分割しない U 相の出力電圧パルスは、図 4 (a) に示すように、前半 T_1 と後半 T_2 で出力電圧パルスを結合する。さらに、分割しない V 相の出力電圧パルスは、図 4 (b) に示す

ように、前半 T_1 と後半 T_2 で出力電圧パルスを結合する。

[0039] そして、図4に示すように、インバータ制御部300は、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第2フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1パルス周期中に第2フェーズを第1フェーズで2つに区分する。すなわち、1パルス周期は、第2フェーズ、第1フェーズ、第2フェーズの順に構成される。換言すれば、インバータ制御部は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。

[0040] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図4(d)に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。なお、本実施形態では零相電圧を2回出力する例で説明したが、例えば、1パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力してもよい。

[0041] 図5(a)～(c)はステップS5において生成されるB2モードの出力電圧パルスの例を示す図である。B2モードでは、中間相または最小相のいずれか一方の出力電圧パルスを分割することで、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。最小相の出力電圧パルスを分割するとインバータ100が出力困難なほどにパルス幅が細くなる場合がある。これを防ぐために、ここでは、よりパルス幅が広い、図5(b)に示す、中間相の出力電圧パルスを分割する。図5(a)～(c)においては、最大相がU相、中間相がV相、最小相がW相のため、ステップS3の処理と同様、1パルス周期 T の前半 T_1 では分割するV相の出力電圧パルスの出力開始タイミングをU相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させ、後半ではV相の出力電圧パルスの出力停止タイミングをU相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。分割しないU相とW相は前半 T

1 と後半 T 2 で出力電圧パルスを結合する。

[0042] そして、図 5 に示すように、インバータ制御部 300 は、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第 1 フェーズと、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和が負になる第 3 フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1 パルス周期中に第 3 フェーズを第 1 フェーズで 3 つに区分する。すなわち、1 パルス周期は、第 1 フェーズ、第 3 フェーズ、第 1 フェーズ、第 3 フェーズ、第 1 フェーズの順に構成される。換言すれば、インバータ制御部は、1 パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを 1 パルス周期中に複数に分割して生成する。

[0043] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ 100 へ出力した結果、モータ 200 には、図 5 (d) に示すように、1 パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が 2 回出力される。

[0044] 図 6 (a) ~ (c) はステップ S 6 において生成される C 2 モードの出力電圧パルスの例を示す図である。C 2 モードでは、全ての相の出力電圧パルスを分割することで 1 パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を複数回出力する。図 6 (a) ~ (c) においては、最大相が U 相、中間相が V 相、最小相が W 相であるが、1 パルス周期 T の前半 T 1 では分割する U V W 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングを U 相の出力電圧パルスの出力開始タイミングと一致させ、後半では U V W 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングを U 相の出力電圧パルスの出力停止タイミングと一致させる。

[0045] そして、図 6 に示すように、インバータ制御部 300 は、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第 1 フェーズと、インバータ 100 の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第 2 フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成し、1 パルス周期中に第 2 フェーズを第 1 フェーズで 2 つに区分する。すなわち、1 パルス周期は、第 2 フェーズ、第 1 フェーズ、第 2 フェーズの順に構成される。換言すれば、イン

バータ制御部は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。

[0046] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図6(d)に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

本実施形態によれば、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

[0047] ー第2の実施形態ー

図7は第2の実施形態に係るインバータ制御部300の構成を示す図である。モータ制御装置1の構成は、図1で示した第1の実施形態に係る構成と同様であるのでその説明を省略する。以下、図7乃至図11を参照して第2の実施形態について説明する。

[0048] 第2の実施形態において、インバータ制御部300は、零相電圧出力回数算出部80を新たに備え、その他の構成は図2で示した第1の実施形態に係る構成と同様であるのでその説明を省略する。

[0049] 零相電圧出力回数算出部80は、速度変換部70より出力される角速度 ω に基づき、1パルス周期に出力する零相電圧の回数を算出する。角速度 ω が低い場合、モータに流れる駆動電流の周波数は低く、零相電流の周波数も低いため、1パルス周期に1回だけ零相電圧を出力すればよい。一方、角速度 ω が高くなった場合、零相電流の周波数も高くなるため、零相電圧の出力回数を増加させる必要がある。零相電圧の出力回数はモータ毎に異なるため、モータ毎に予め設定したテーブルデータなどを参照して零相電圧の出力回数を算出する。スイッチング信号生成部30では、算出された零相電圧の出力回数に基づいて出力電圧パルスを生成する。

[0050] 図8は、第2の実施形態におけるスイッチング信号生成部30のフローチャートを示す図である。第1の実施形態におけるスイッチング信号生成部3

0のフローチャートと同一の処理には同一の符号を付してその説明を簡略にする。

[0051] スイッチング信号生成部30は、まずステップS1において、電圧指令値の出力パルス幅が最も長い最大相、電圧指令値の出力パルス幅が最も短い最小相、これらの中間の中間相を判定する。

[0052] 次に、ステップS2において、中間相の電圧指令値の極性と、最小相の電圧指令値の極性が同一かを判定する。中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値が同一ではない場合、ステップS11において零相電圧出力回数算出部80からの零相電圧出力回数を判定する。

[0053] ステップS11において、零相電圧出力回数が1回の場合、ステップS12に進み、A1モードの出力電圧パルスを生成する。A1モードでは、1パルス周期に1回だけ零相電圧を出力する。

[0054] 図9(a)～(c)は、スイッチング信号生成部30において生成されるA1モードの出力電圧パルスの例を示す図である。A1モードでは、零相電圧出力回数が1回のため電圧指令値は分割されない。その結果、A1モードでは、図4で示したA2モードの前半T1に相当する出力電圧パルスを生成する。すなわち、図9に示す出力電圧パルスは、図9(c)に示す最小相であるW相と図9(a)に示す最大相であるU相のパルス出力開始タイミングを一致させ、図9(b)に示す中間相であるV相と図9(a)に示す最大相であるU相のパルス出力停止タイミングを一致させる。

[0055] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図9(d)に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が1回出力される。

[0056] ステップS11において、零相電圧出力回数が2回の場合、ステップS4においてA2モードの出力電圧パルスを生成する。A2モードについては、第1の実施形態において図4を参照して説明したとおりであり、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

[0057] ステップS11において、零相電圧出力回数が n 回($n \geq 3$)の場合、ス

ステップS 1 3においてA nモードの出力電圧パルスを生成する。A nモードでは、1パルス周期Tを複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧をn回出力するように、出力電圧パルスを生成する。具体的には、1パルス周期Tを複数の区分T nに分ける。そして、複数に分けた区分T nにおいて、A 2モードの前半T 1もしくは後半T 2と同様の手法で出力電圧パルスを生成する。結果として、複数に分割した出力電圧パルスが生成される。

[0058] 一方、ステップS 2において中間相の電圧指令値の極性と最小相の電圧指令値の極性が同一の場合、ステップS 4に進む。ステップS 4において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一か判定する。中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一ではない場合、ステップS 1 4において零相電圧出力回数算出部8 0からの零相電圧出力回数を判定する。

[0059] ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が1回の場合、ステップS 1 5においてB 1モードの出力電圧パルスを出力する。B 1モードでは、1パルス周期に1回だけ零相電圧を出力する。

[0060] 図1 0 (a) ~ (c) は、スイッチング信号生成部3 0において生成されるB 1モードの出力電圧パルスの例を示す図である。B 1モードでは、零相電圧出力回数が1回のため電圧指令値は分割されない。その結果、B 1モードでは図5で示したB 2モードの前半T 1に相当する出力電圧パルスを生成する。すなわち、図1 0に示す出力電圧パルスは、図1 0 (b) に示す中間相であるV相と図1 0 (a) に示す最大相であるU相のパルス出力開始タイミングを一致させ、図1 0 (c) に示す最小相であるW相と図1 0 (a) に示す最大相であるU相のパルス出力停止タイミングを一致させる。

[0061] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ1 0 0へ出力した結果、モータ2 0 0には、図1 0 (d) に示すように、1パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が1回出力される。

- [0062] ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が2回の場合、ステップS 5においてB 2モードの出力電圧パルスを生成する。B 2モードについては、第1の実施形態において図5を参照して説明したとおりであり、1パルス周期中に負の極性のみの零相電圧が2回出力される。
- [0063] ステップS 1 4において、零相電圧出力回数が n 回 ($n \geq 3$) の場合、ステップS 1 6においてB n モードの出力電圧パルスを生成する。B n モードでは、1パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を n 回出力するように、出力電圧パルスを生成する。
- [0064] ステップS 4において中間相の電圧指令値の極性および最小相の電圧指令値の極性が最大相の電圧指令値の極性と同一の場合、ステップS 1 7に進む。ステップS 1 7において零相電圧出力回数算出部80からの零相電圧出力回数を判定する。
- [0065] ステップS 1 7において、零相電圧出力回数が1回の場合、ステップS 1 8においてC 1モードの出力電圧パルスを出力する。C 1モードでは、1パルス周期に1回だけ零相電圧を出力する。
- [0066] 図11 (a) ~ (c) は、スイッチング信号生成部30において生成されるC 1モードの出力電圧パルスの例を示す図である。C 1モードでは、零相電圧出力回数が1回のため電圧指令値は分割されない。その結果、C 1モードでは、図6で示したC 2モードの前半 T_1 に相当する出力電圧パルスを生成する。
- [0067] このようにして生成された出力電圧パルスをインバータ100へ出力した結果、モータ200には、図11 (d) に示すように、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が1回出力される。
- [0068] ステップS 1 7において、零相電圧出力回数が2回の場合、ステップS 6においてC 2モードの出力電圧パルスを生成する。C 2モードについては、第1の実施形態において図6を参照して説明したとおりであり、1パルス周期中に正の極性のみの零相電圧が2回出力される。

[0069] ステップS 1 7において、零相電圧出力回数が n 回 ($n \geq 3$) の場合、ステップS 1 9においてC n モードの出力電圧パルスを生成する。C n モードでは、1パルス周期 T を複数に分けて出力電圧パルスを分割することにより、1パルス周期中に正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧を n 回出力するように、出力電圧パルスを生成する。

[0070] 本実施形態によれば、検出した零相電圧の回数に応じて、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

[0071] ー第3の実施形態ー

図1 2は、電動車両の構成を示すブロック図である。この電動車両は、第1の実施形態もしくは第2の実施形態で説明したモータ制御装置1を備える。インバータ1 0 0には、直流電源4 0 0から直流電圧がコンデンサ5 0 0を介して供給される。インバータ制御部3 0 0には、車両コントローラ6 0 0よりトルク指令値が入力される。

[0072] 電動車両は電気自動車であり、モータ2 0 0の軸出力トルクは、減速ギア7 0 0、ディファレンシャルギア8 0 0を介して左右の駆動輪9 0 0 A、9 0 0 Bに伝達される。なお、電動車両はハイブリッド自動車であってもよい。

[0073] 本実施形態によれば、モータ制御装置を備えた電動車両において、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるようにして零相電流の制御周期を短縮することにより零相電流のリプルを低減することができる。

[0074] 以上説明した実施形態によれば、次の作用効果が得られる。

(1) モータ制御装置1は、各相に独立して巻かれた巻線を有するモータ2 0 0を駆動するインバータ1 0 0と、トルク指令値とモータ2 0 0の回転子位置とに基づき、各相に対応する出力電圧パルスを生成してインバータ1 0 0を制御するインバータ制御部3 0 0とを備える。インバータ制御部3 0 0は、出力電圧パルスの1パルス周期中にモータ2 0 0から正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、出力電圧パルスの少なく

とも一つの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリップルを抑えて損失を低減することができる。

[0075] (2) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が正になる第2フェーズと、インバータ100の各相に出力する出力電圧パルスの総和が負になる第3フェーズとを有するように出力電圧パルスを生成する。出力電圧パルスは1パルス周期中に第2フェーズまたは第3フェーズを第1フェーズで複数に区分する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリップルを抑えて損失を低減することができる。

[0076] (3) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、1パルス周期中の出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の出力電圧パルスを1パルス周期中に複数に分割して生成する。これにより、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流に発生するリップルを抑えて損失を低減することができる。

[0077] (4) モータ制御装置1において、インバータ制御部300は、モータ200の角速度に基づいて、1パルス周期中に出力する零相電圧の回数が変化するように、出力電圧パルスを生成する。これにより、検出した零相電圧の回数に応じて、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流の制御周期が短縮され、零相電流のリップルを低減することができる。

[0078] (5) 電動車両は、モータ制御装置1と、モータ制御装置1により駆動されるモータ200とを備える。これにより、モータ制御装置を備えた電動車両において、1パルス周期中に零相電圧が複数回出力されるので、零相電流の制御周期を短縮され、零相電流のリップルを低減することができる。

[0079] (変形例)

本発明は、以上説明した第1乃至第3の実施形態を次のように変形して実

施することができる。

(1) 第1乃至第3の実施形態では3相モータを駆動するモータ制御装置について説明したが、その他の複数相モータを駆動するモータ制御装置であってもよい。

[0080] 本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、本発明の特徴を損なわない限り、本発明の技術思想の範囲内で考えられるその他の形態についても、本発明の範囲内に含まれる。また、上述の実施形態と変形例を組み合わせた構成としてもよい。

符号の説明

[0081] 1 . . . モータ制御装置
10 . . . 電流指令演算部
20 . . . d q 軸電流制御部
30 . . . スイッチング信号生成部
40 . . . d q 変換部
50 . . . 零相電流算出部
60 . . . 零相電流制御部
70 . . . 速度変換部
80 . . . 零相電圧出力回数算出部
90 . . . UVW変換部
100 . . . インバータ
110 . . . U相フルブリッジインバータ
110a . . . スイッチング素子
110b . . . スイッチング素子
110c . . . スイッチング素子
110d . . . スイッチング素子
111 . . . V相フルブリッジインバータ
110a . . . スイッチング素子
110b . . . スイッチング素子

- 1 1 0 c . . . スイッチング素子
- 1 1 0 d . . . スイッチング素子
- 1 1 2 . . . W相フルブリッジインバータ
- 1 1 2 a . . . スイッチング素子
- 1 1 2 b . . . スイッチング素子
- 1 1 2 c . . . スイッチング素子
- 1 1 2 d . . . スイッチング素子
- 2 0 0 . . . モータ
- 2 1 0 . . . 位置センサ
- 2 2 0 . . . 電流センサ
- 3 0 0 . . . インバータ制御部
- 4 0 0 . . . 直流電源
- 5 0 0 . . . コンデンサ
- 6 0 0 . . . 車両コントローラ

請求の範囲

[請求項1] 各相に独立して巻かれた巻線を有するモータを駆動するインバータと、

トルク指令値と前記モータの回転子位置とに基づき、前記各相に対応する出力電圧パルスを生成して前記インバータを制御するインバータ制御部とを備え、

前記インバータ制御部は、前記出力電圧パルスの1パルス周期中に前記モータから正負いずれかの極性の一方のみの零相電圧が複数回出力するように、前記出力電圧パルスの少なくとも一つの相の出力電圧パルスを前記1パルス周期中に複数に分割して生成するモータ制御装置。

[請求項2] 請求項1に記載のモータ制御装置において、

前記インバータ制御部は、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総和がゼロになる第1フェーズと、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総和が正になる第2フェーズと、前記インバータの各相に出力する前記出力電圧パルスの総和が負になる第3フェーズとを有するように前記出力電圧パルスを生成し、前記出力電圧パルスは前記1パルス周期中に前記第2フェーズまたは前記第3フェーズを前記第1フェーズで複数に区分するモータ制御装置。

[請求項3] 請求項1または請求項2に記載のモータ制御装置において、

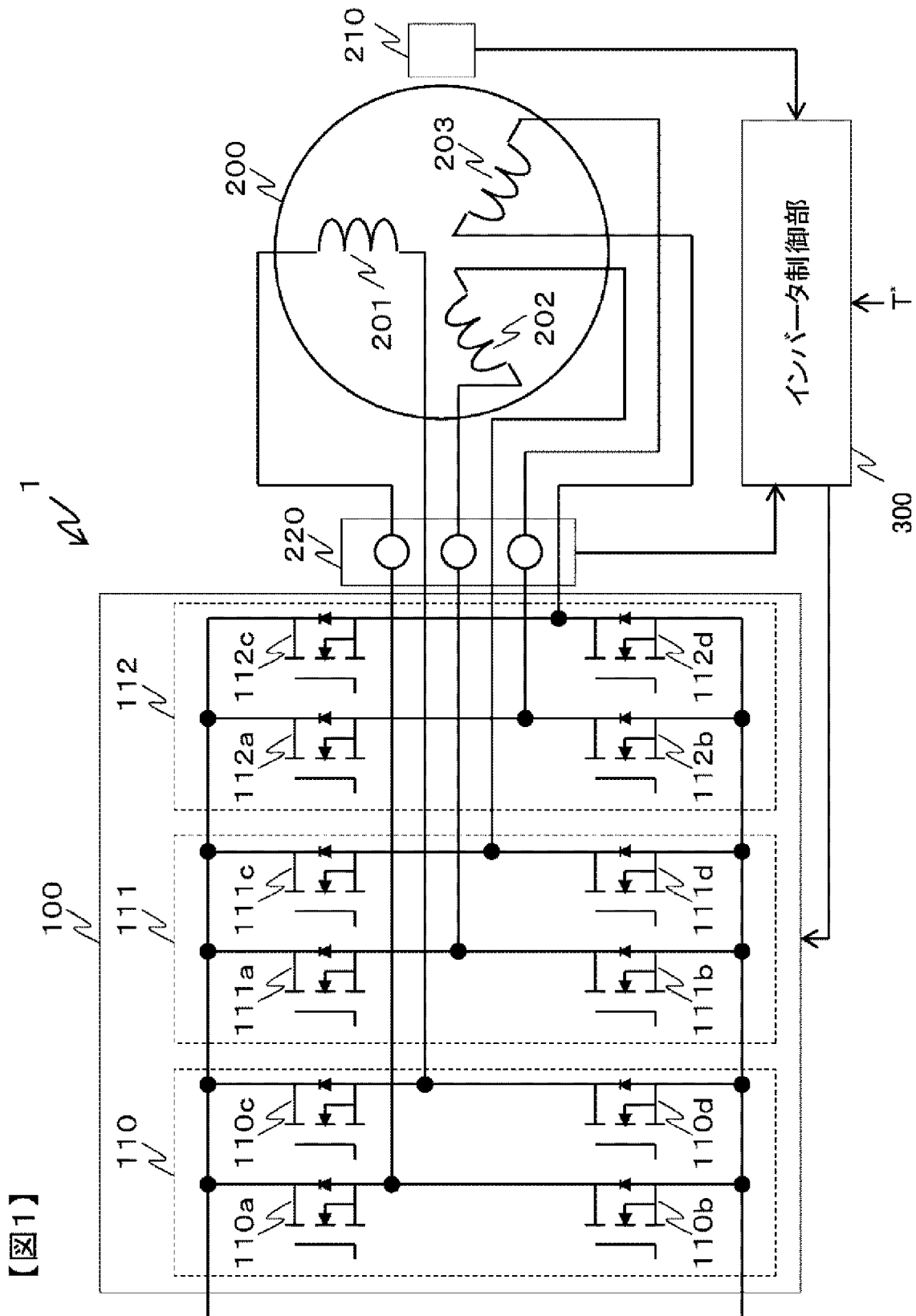
前記インバータ制御部は、前記1パルス周期中の前記出力電圧パルスの幅が最も長い相を除くいずれかの相の前記出力電圧パルスを前記1パルス周期中に複数に分割して生成するモータ制御装置。

[請求項4] 請求項1または請求項2に記載のモータ制御装置において、

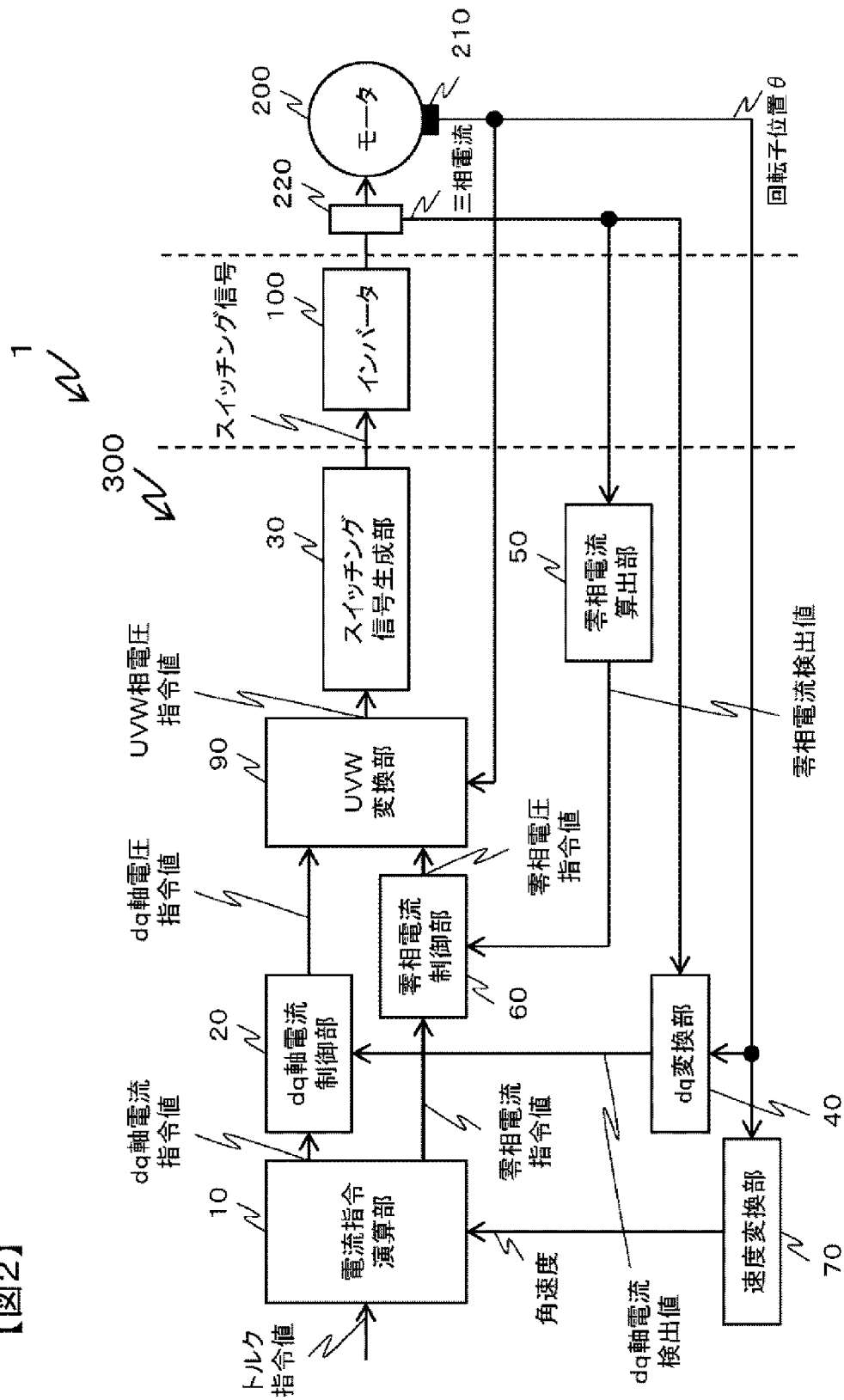
前記インバータ制御部は、前記モータの角速度に基づいて、前記1パルス周期中に出力する零相電圧の回数が変化するように、前記出力電圧パルスを生成するモータ制御装置。

[請求項5] 請求項 1 から請求項 4 までのいずれか一項に記載のモータ制御装置と、
 前記モータ制御装置により駆動される前記モータとを備える電動車両。

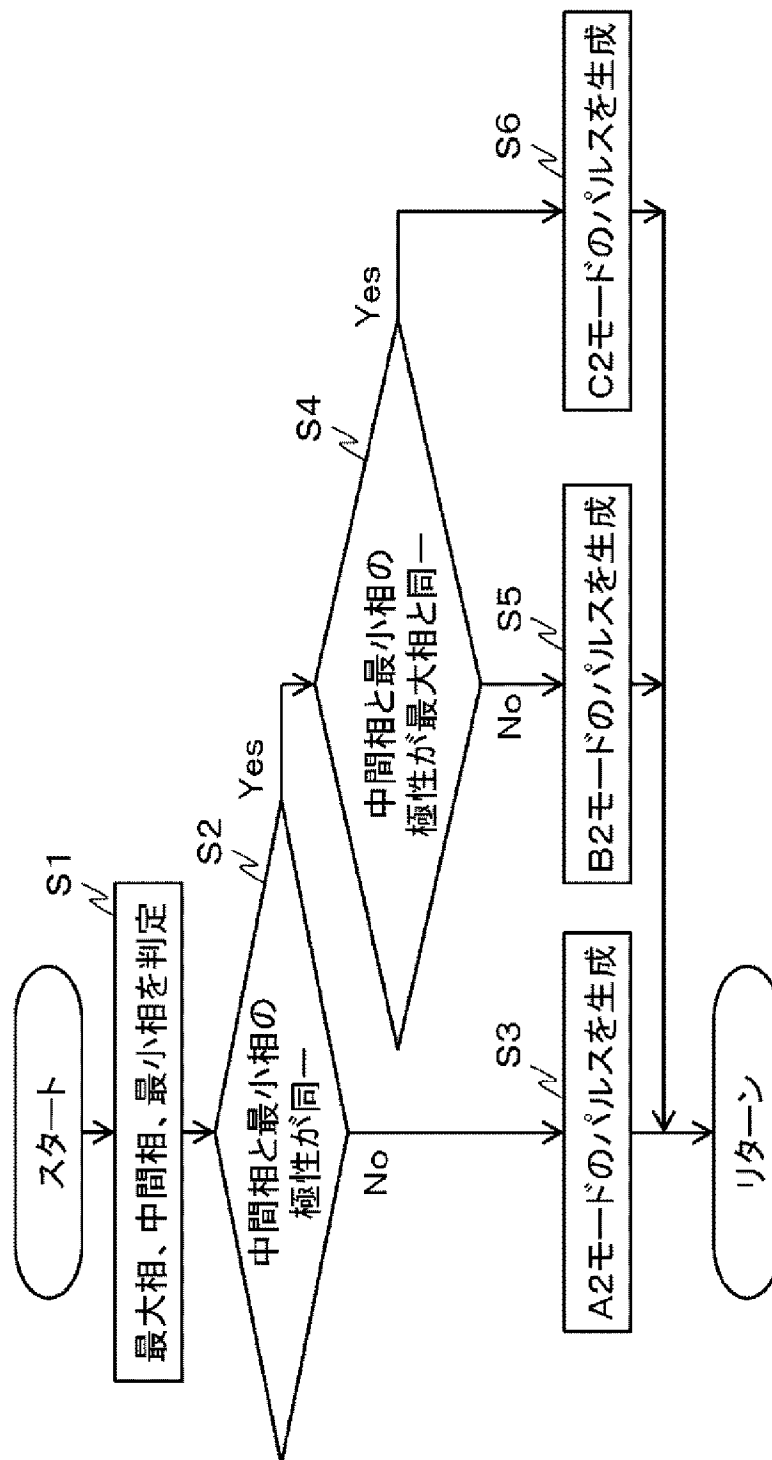
【図1】



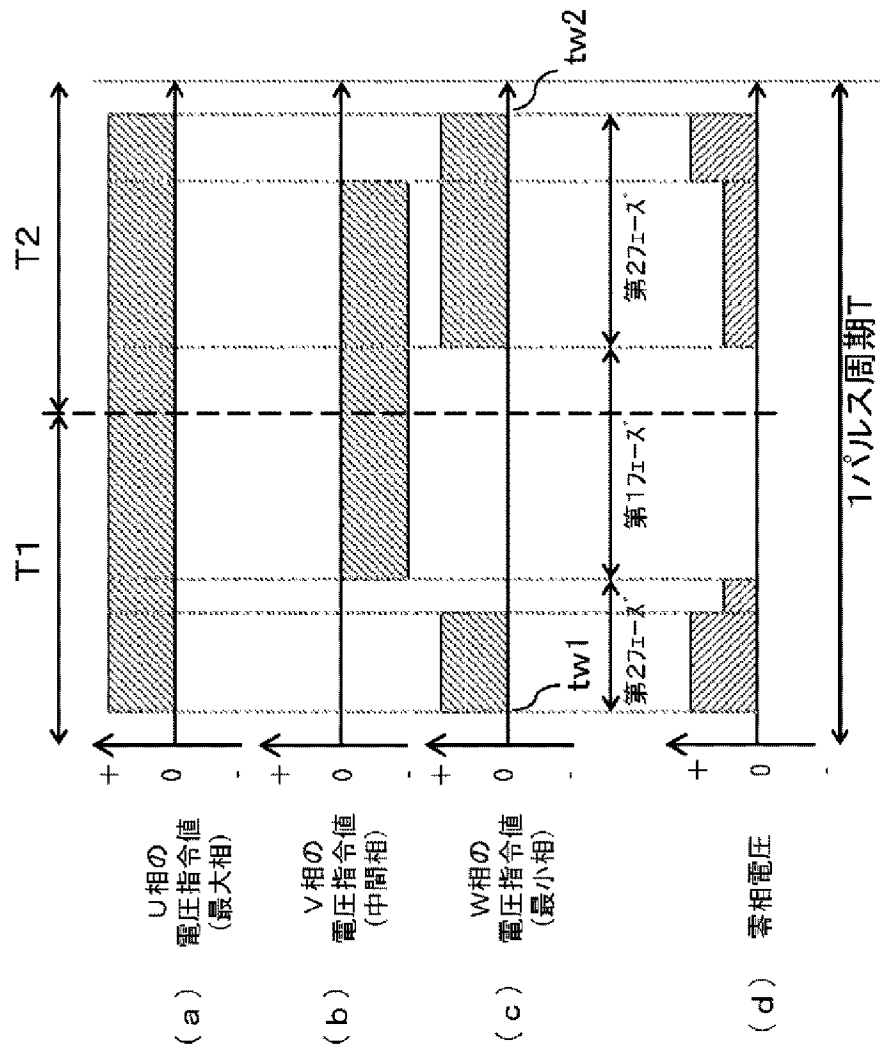
【図2】



【図3】

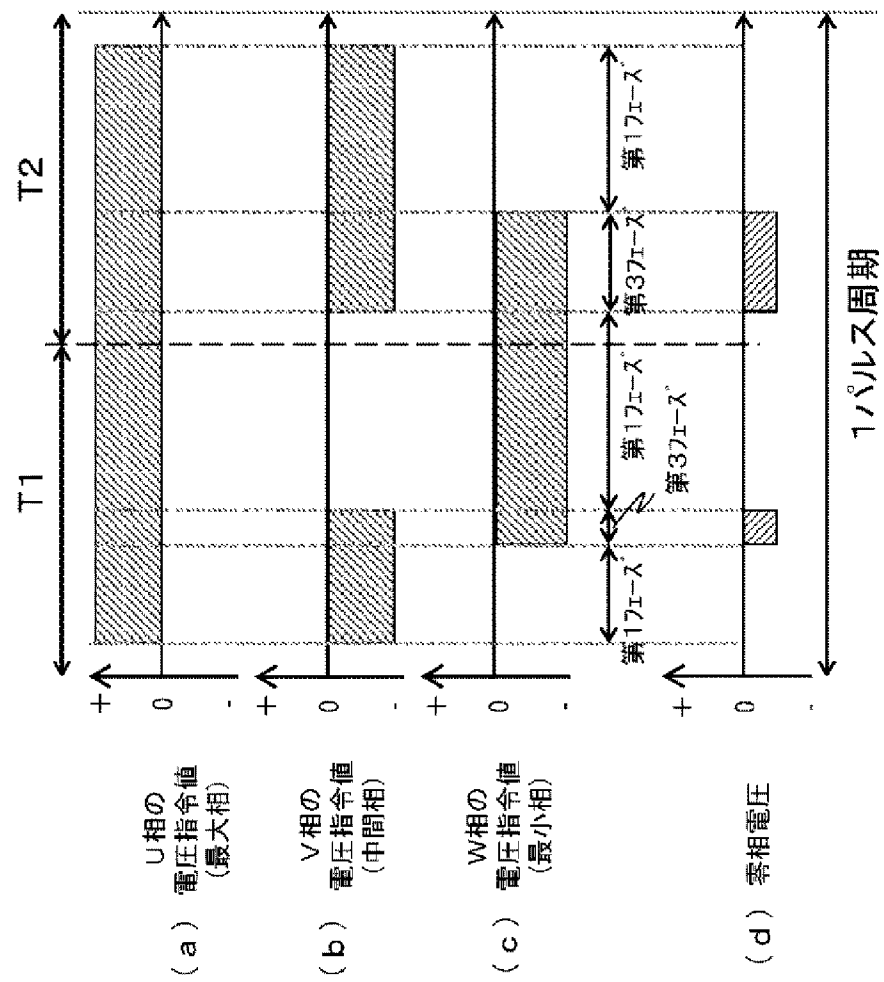


【図4】



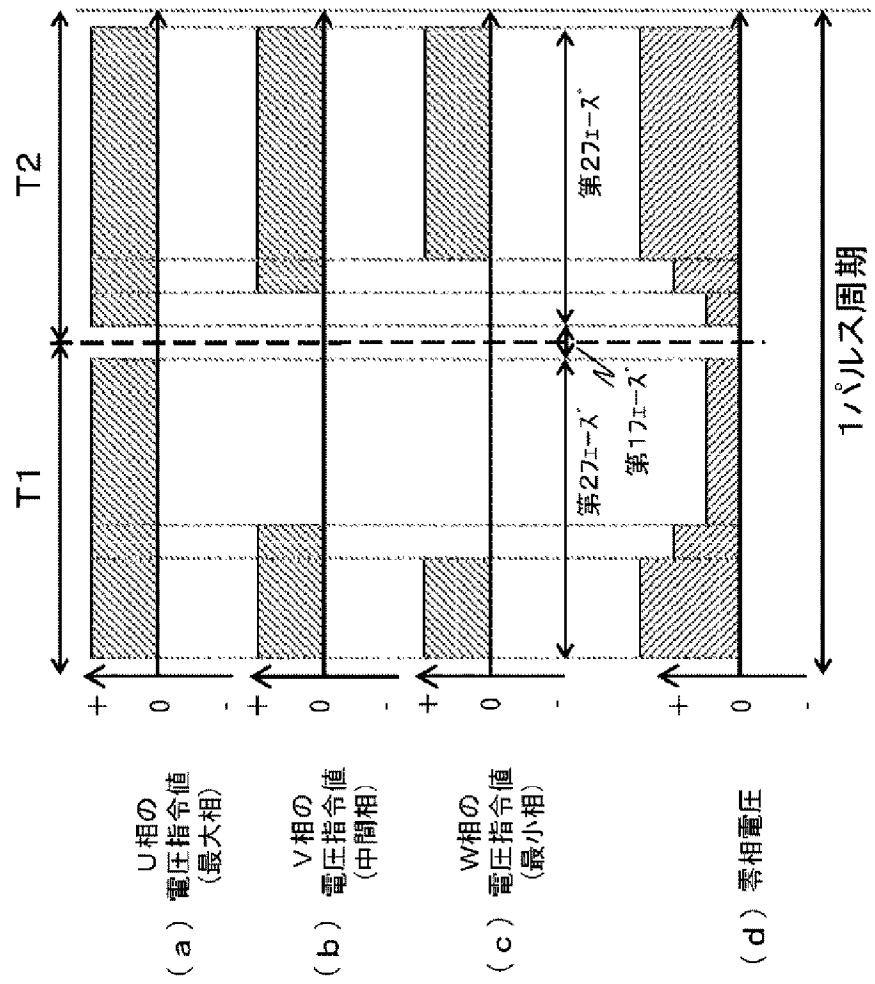
【図4】

【図5】

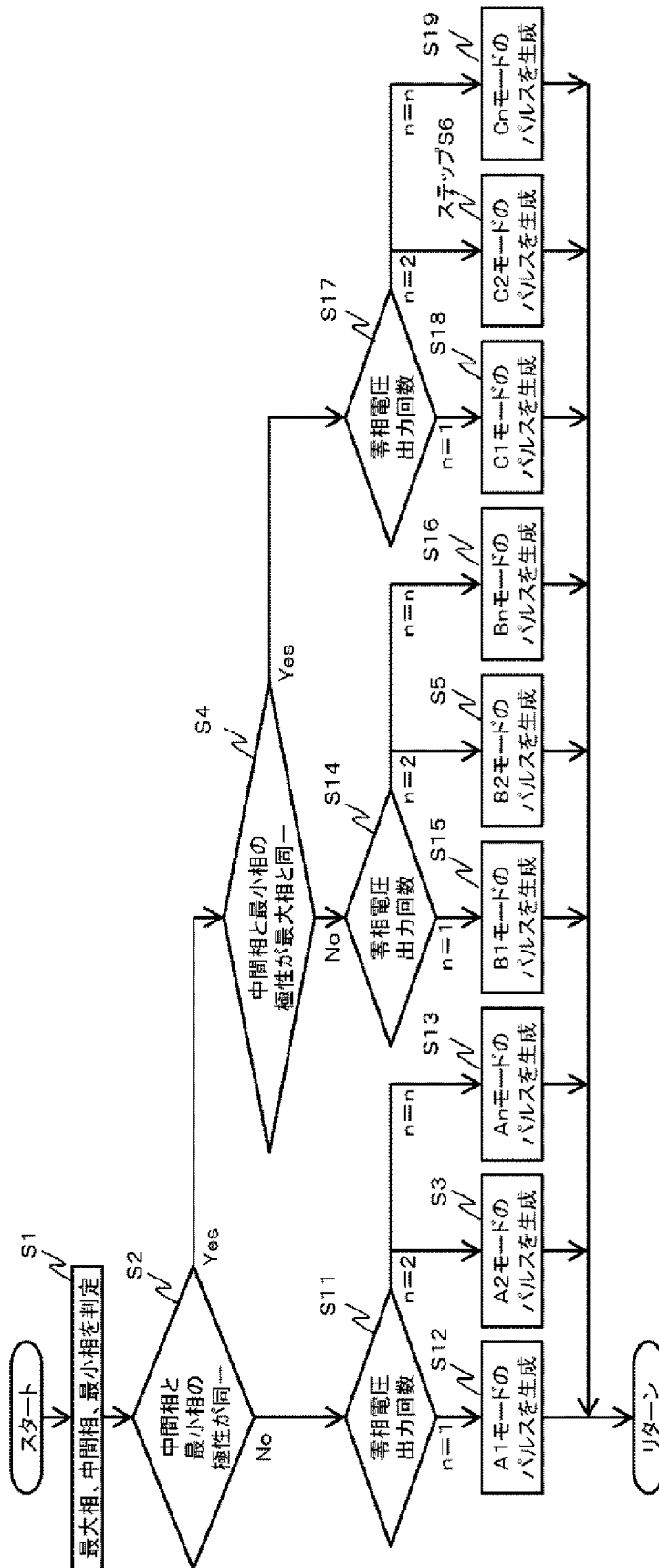


【図6】

【図6】

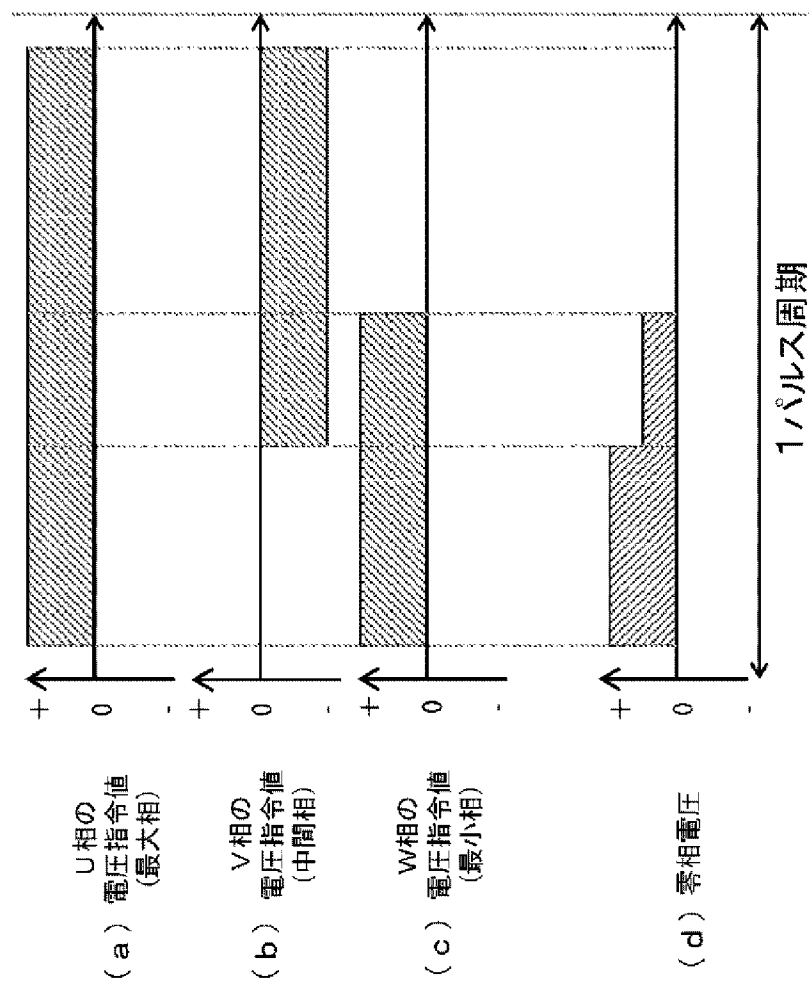


【図8】



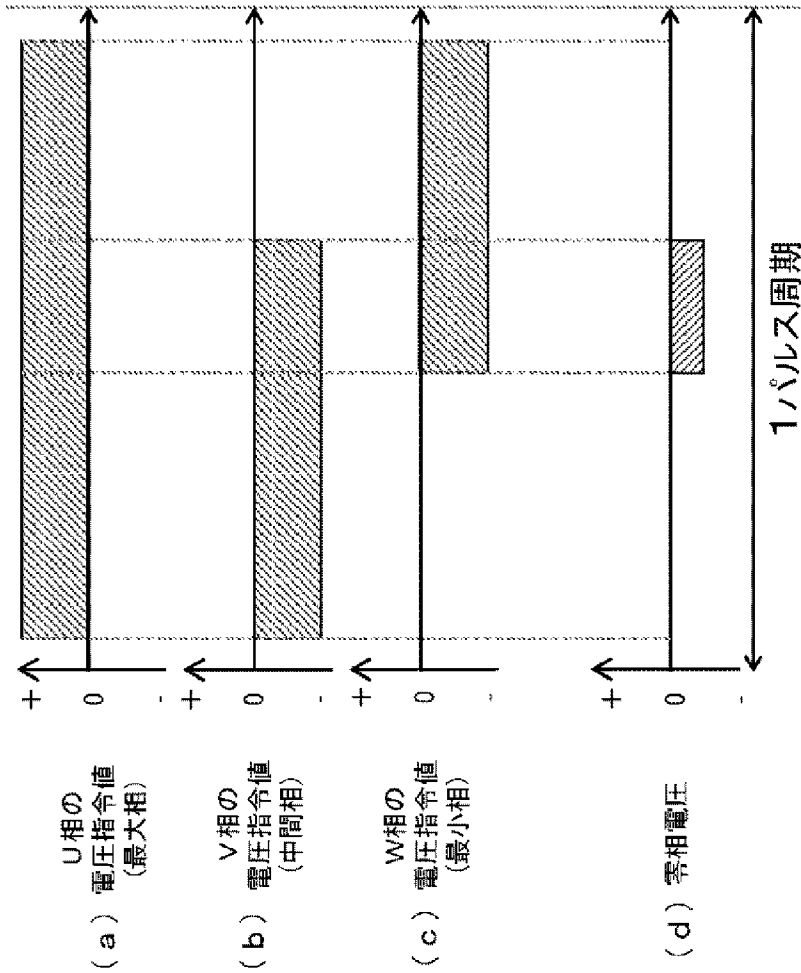
【図9】

【図9】



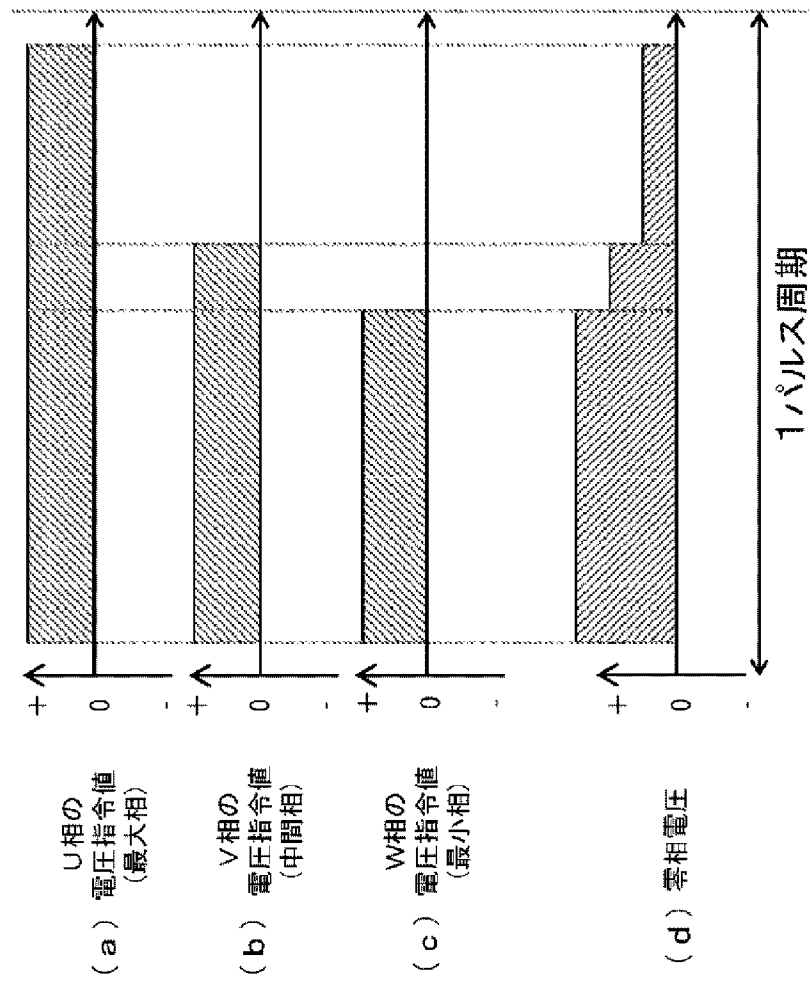
[図10]

【図10】



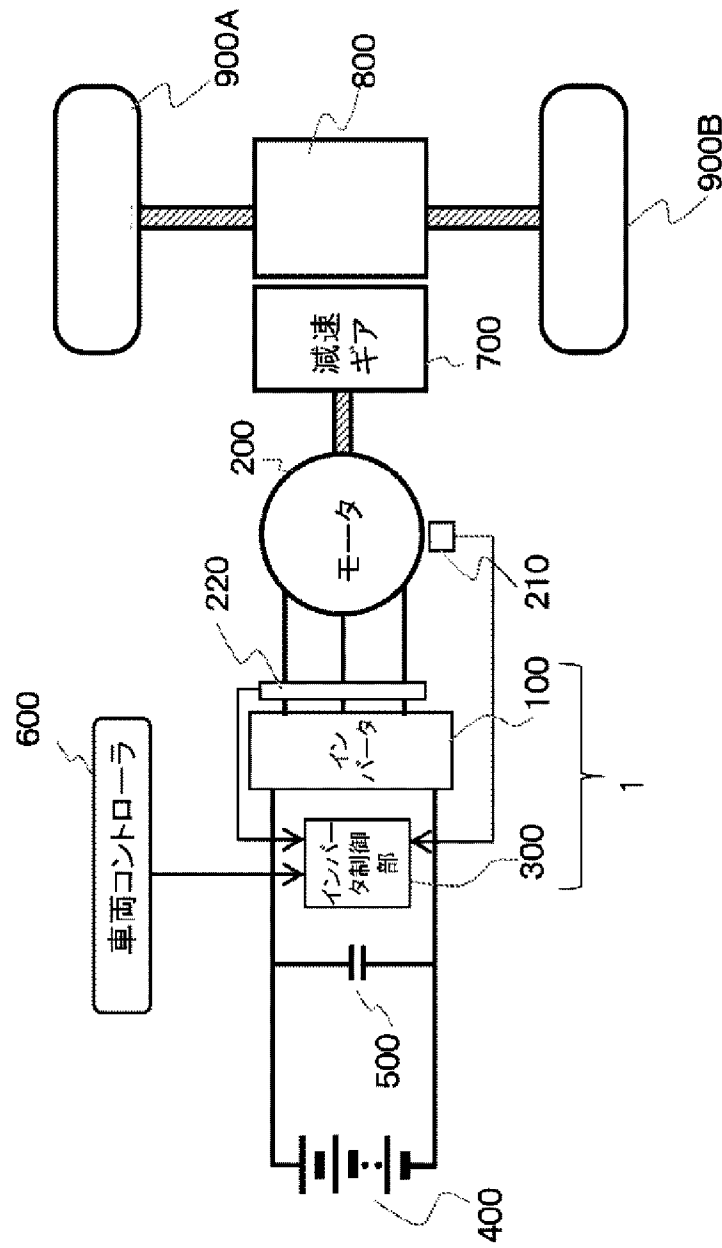
[図11]

【図11】



[図12]

図12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02P27/06 (2006.01) i, H02M7/48 (2007.01) i, H02P25/022 (2016.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02P27/06, H02M7/48, H02P25/022

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 2017/090350 A1 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 01 June 2017, paragraphs [0010]-[0049] (Family: none)	1-5
A	JP 2010-284018 A (RICOH CO., LTD.) 16 December 2010, paragraphs [0016]-[0060] (Family: none)	1-5
A	JP 2003-312517 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD.) 06 November 2003, paragraphs [0022]-[0124] (Family: none)	1-5
A	CN 102843090 A (ZHUZHOU CSR TIMES ELECTRIC CO., LTD.) 26 December 2012, entire text, all drawings (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
15 August 2018 (15.08.2018)

Date of mailing of the international search report
28 August 2018 (28.08.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P27/06(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i, H02P25/022(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02P27/06, H02M7/48, H02P25/022

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 2017/090350 A1（日立オートモティブシステムズ株式会社） 2017.06.01, 段落[0010]-[0049]（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2010-284018 A（株式会社リコー）2010.12.16, 段落[0016]-[0060]（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2003-312517 A（豊田工機株式会社）2003.11.06, 段落[0022]-[0124]（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

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

15.08.2018

国際調査報告の発送日

28.08.2018

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）

池田 貴俊

3 V

9 2 5 6

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	CN 102843090 A (ZHUZHOU CSR TIMES ELECTRIC CO. LTD.) 2012. 12. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5