

(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
2023年3月16日(16.03.2023)



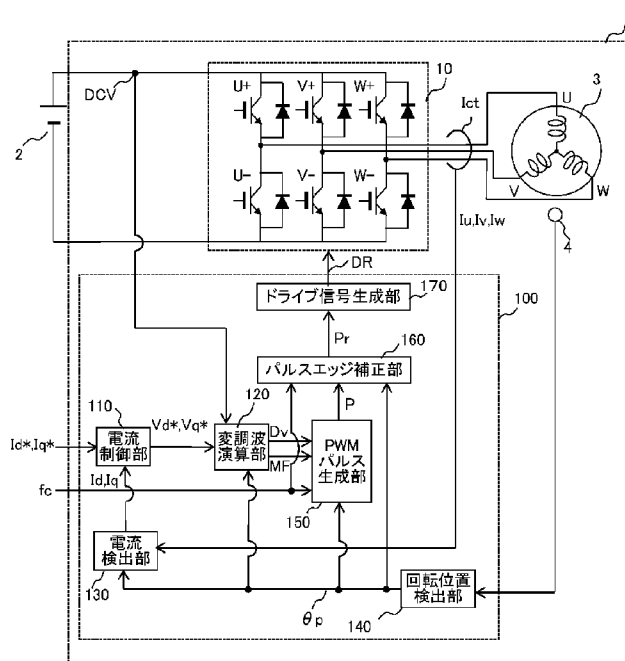
(10) 国際公開番号
WO 2023/037589 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/009262
- (22) 国際出願日: 2022年3月3日(03.03.2022)
- (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 2021-149004 2021年9月13日(13.09.2021) JP
- (71) 出願人: 日立 A s t e m o 株式会社(HITACHI ASTEMO, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 根本 卓 弥 (NEMOTO, Takuya); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立 A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP), 安島 俊幸(AJIMA, Toshiyuki); 〒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).
- (74) 代理人: 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目 3 番 1 2 号 シーフォートスクエア センタービルディング 1 6 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,

(54) Title: INVERTER CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: インバータ制御装置

図 1



- 110 Current control unit
- 120 Modulation wave calculation unit
- 130 Current detection unit
- 140 Rotation position detection unit
- 150 PWM pulse generation unit
- 160 Pulse edge correction unit
- 170 Drive signal generation unit

(57) Abstract: This inverter control device comprises: a PWM pulse generation unit for generating, for each predetermined control cycle, a PWM pulse signal for controlling an inverter that outputs AC to a motor; and a pulse edge correction unit for correcting the PWM pulse signal by correcting, for each of the control cycles, a timing of a pulse edge of the PWM pulse signal generated by the PWM pulse generation unit. When the angular acceleration of the motor is a positive value, the pulse edge correction unit corrects the PWM pulse signal so as to move forward the timing of the pulse edge, and



WO 2023/037589 A1

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, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

when the angular acceleration of the motor is a negative value, the pulse edge correction unit corrects the PWM pulse signal so as to delay the timing of the pulse edge.

(57) 要約: インバータ制御装置は、モータに交流電流を出力するインバータを制御するためのPWMパルス信号を所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部と、前記PWMパルス生成部により生成された前記PWMパルス信号のパルスエッジのタイミングを前記制御周期ごとに補正することで、前記PWMパルス信号の補正を行うパルスエッジ補正部と、を備え、前記パルスエッジ補正部は、前記モータの角加速度が正の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを早めるように前記PWMパルス信号を補正し、前記モータの角加速度が負の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを遅らせるように前記PWMパルス信号を補正する。

明 細 書

発明の名称： インバータ制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、インバータ制御装置に関する。

背景技術

[0002] PWM（パルス幅変調）制御によりインバータの駆動を制御してモータを回転駆動させるインバータ制御装置が広く利用されている。こうしたインバータ制御装置において、モータの高回転化のため、インバータの出力電圧指令がインバータの最大出力レベル（正弦波）を上回る過変調モード（過変調領域）で動作させるとともに、さらに出力電圧を大きくするため、PWMパルス列が繋がって1つのパルスになる1パルスモード（1パルス領域）で動作させる技術が知られている。

[0003] インバータ制御装置を過変調領域から1パルス領域まで動作させると、インバータの出力において電圧誤差が発生し、インバータの出力電流に含まれる直流成分やリップル成分が増大するため、モータの出力トルク変動や騒音・振動が発生する。そのため、過変調領域から1パルス領域に移行する領域の電圧誤差を抑制し、電流の直流成分やリップル成分を低減する技術が求められている。

[0004] 過変調領域の電流リップルの低減に関して、特許文献1の技術が知られている。特許文献1には、過変調領域において台形波を用いた台形波変調を行う際に、マイコンを用いた演算処理により、台形波の上辺において所定の高調波次数に応じたタイミングで電圧調整パルスを生成することで、PWMパルスのパルス幅を変化させるインバータ装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2018-133935号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] マイコンの演算処理によりPWMパルスを生成する場合、PWMに用いられるキャリア波の1周期中に演算処理を完了させる必要がある。特許文献1の技術では、演算処理が複雑で時間がかかることから、キャリア波の1周期中に演算処理を完了させるためには、キャリア波の周波数をあまり高く設定することができない。その結果、モータ回転数に制限が生じてしまい、モータの高回転化が難しいという課題があった。
- [0007] 本発明は、上記の課題に鑑みて、モータの低騒音・低振動化と高回転化を両立可能なインバータ制御装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 本発明の第1の態様によるインバータ制御装置は、モータに交流電流を出力するインバータを制御するためのPWMパルス信号を所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部と、前記PWMパルス生成部により生成された前記PWMパルス信号のパルスエッジのタイミングを前記制御周期ごとに補正することで、前記PWMパルス信号の補正を行うパルスエッジ補正部と、を備え、前記パルスエッジ補正部は、前記モータの角加速度が正の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを早めるように前記PWMパルス信号を補正し、前記モータの角加速度が負の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを遅らせるように前記PWMパルス信号を補正する。

本発明の第2の態様によるインバータ制御装置は、モータに交流電流を出力するインバータを制御するためのPWMパルス信号を所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部と、前記モータの回転位置を検出する回転位置検出部と、前記回転位置検出部により検出された前記モータの回転位置を、前記モータの角加速度に基づいて補正する回転位置補正部と、を備え、前記PWMパルス生成部は、前記回転位置補正部により補正された前記モータの回転位置に基づいて、前記PWMパルス信号を生成する。

発明の効果

- [0009] 本発明によれば、モータの低騒音・低振動化と高回転化を両立可能なイン

バータ制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本発明の第1の実施形態に係るインバータ制御装置を有するモータ駆動システムの構成を示すブロック図。
- [図2]制御周期とPWMパルスの生成タイミングの関係を示す図。
- [図3]モータの回転位置における誤差発生原理の説明図。
- [図4]補正前後でのPWMパルス信号の波形変化の様子を示す図。
- [図5]本発明の第1の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャート。
- [図6]本発明の第2の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャート。
- [図7]本発明の第3の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャート。
- [図8]本発明の第4の実施形態に係るインバータ制御装置を有するモータ駆動システムの構成を示すブロック図。
- [図9]本発明の第4の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャート。
- [図10]本発明の第5の実施形態に係るインバータ制御装置を有するモータ駆動システムの構成を示すブロック図。
- [図11]本発明の第5の実施形態に係るモータ回転位置の補正処理のフローチャート。

発明を実施するための形態

- [0011] 本発明は、PWM制御でインバータの制御を行うインバータ制御装置であって、変調方式（正弦波変調、二相変調、台形波変調など）に応じたPWMパルス制御を行う際に、モータの将来の位相の推測結果によってPWMパルスエッジの補正を実施することで、モータの低騒音・低振動化と高回転化を両立させるインバータ制御装置を提供するものである。以下、本発明の一実施形態について図面を用いて説明する。

[0012] (第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係るインバータ制御装置100を有するモータ駆動システム1の構成を示すブロック図である。モータ駆動システム1は、バッテリー2と接続されており、インバータ10、インバータ制御装置100およびモータ3を有している。

[0013] バッテリー2は、インバータ10の直流電圧源である。バッテリー2の直流電圧DCVは、インバータ10によって可変電圧、可変周波数の3相交流電圧に変換され、モータ3に印加される。

[0014] モータ3は、3相交流電圧の供給により回転駆動される同期モータである。モータ3には、インバータ10からモータ3に印加される3相交流電圧の位相をモータ3の誘起電圧の位相に合わせて制御するために、回転位置センサ4が取り付けられている。ここで、回転位置センサ4には、例えば鉄心と巻線とから構成されるレゾルバなどを用いることができる。あるいは、GM Rセンサやホール素子を用いて回転位置センサ4を構成してもよい。

[0015] インバータ制御装置100は、電流制御部110、変調波演算部120、電流検出部130、回転位置検出部140、PWMパルス生成部150、パルスエッジ補正部160およびドライブ信号生成部170の各機能ブロックを有する。インバータ制御装置100は、例えばマイクロコンピュータにより構成され、マイクロコンピュータにおいて所定のプログラムを実行することにより、これらの機能ブロックを実現することができる。あるいは、これらの機能ブロックの一部または全部をロジックICやFPGA等のハードウェア回路を用いて実現してもよい。

[0016] 回転位置検出部140は、回転位置センサ4の出力信号に基づいて、モータ3におけるロータの回転位置 θ_p を検出する。

[0017] 電流検出部130は、モータ3に流れる3相の電流検出値(I_u , I_v , I_w)を電流センサ1ctから取得し、回転位置検出部140で検出された回転位置 θ_p に基づいてこれらの電流検出値を3相/2相変換することで、dq軸の電流検出値(I_d , I_q)を求める。

- [0018] インバータ制御装置100は、モータ3の出力を制御するための電流制御機能を有している。電流制御部110は、電流検出部130により検出された電流検出値(I_d , I_q)と、不図示の上位制御器から入力された電流指令値(I_d^* , I_q^*)とが一致するように、電圧指令(V_d^* , V_q^*)を出力する。
- [0019] 変調波演算部120は、回転位置 θ_p を用いて、電流制御部110で求められた電圧指令(V_d^* , V_q^*)を2相/3相変換することにより、三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* (U相電圧指令値 V_u^* 、V相電圧指令値 V_v^* およびW相電圧指令値 V_w^*)を演算する。そして、求められた三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を表す変調信号 D_v をPWMパルス生成部150へ出力する。なお、このとき正弦波変調以外の変調方式を選択することにより、例えば台形波や、正弦波に所定次数の高調波を重畳させた波形など、正弦波以外の波形で三相電圧指令 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を生成してもよい。
- [0020] あるいは、変調波演算部120は、バッテリー2の直流電圧 DCV と、電流制御部110で求められた電圧指令(V_d^* , V_q^*)とに基づき、インバータ10の出力電圧の変調率 MF を演算し、変調信号 D_v に替えてPWMパルス生成部150へ出力してもよい。さらに、変調信号 D_v と変調率 MF の両方を演算してPWMパルス生成部150へ出力してもよい。すなわち、変調波演算部120は、変調信号 D_v および変調率 MF の少なくとも一方を演算し、PWMパルス生成部150へ出力することができる。
- [0021] PWMパルス生成部150は、変調波演算部120で求められた変調信号 D_v または変調率 MF に基づいて、三相のパルス幅変調(PWM)を実施し、インバータ10を制御するためのPWMパルス信号 P を生成する。例えば、キャリア周波数 f_c で周期的に変化するキャリア波と変調信号 D_v を比較し、その比較結果に基づいて周知の手法により各パルスエッジの位置(位相)を決定することにより、PWMパルス信号 P を生成することができる。この場合、キャリア周波数 f_c は一定としてもよいし、モータ3の回転速度(

回転数) に応じて変化させてもよい。または、キャリア波や変調信号 D_v を用いずに、変調率 M_F に基づいて各パルスエッジの位置を演算により直接求めることにより、PWMパルス信号 P を生成してもよい。あるいは、さらに別の方法によりPWMパルス信号 P を生成してもよい。いずれの方法であっても、インバータ 10 を制御するためのPWMパルス信号 P を電圧指令 (V_d^* , V_q^*) に応じて所定の制御周期ごとに生成することができれば、PWMパルス生成部 150 では、任意の方法でPWMパルス信号 P を生成することができる。

[0022] パルスエッジ補正部 160 は、PWMパルス生成部 150 により生成されたPWMパルス信号 P の補正を行い、補正後のPWMパルス信号 P_r をドライブ信号生成部 170 へ出力する。パルスエッジ補正部 160 は、キャリア周波数 f_c と回転位置 θ_p に基づき、PWMパルス信号 P における各パルスエッジのタイミングを、PWMパルス生成部 150 がPWMパルス信号 P の生成を行う制御周期ごとに補正することで、PWMパルス信号 P の補正を行う。なお、パルスエッジ補正部 160 によるPWMパルス信号 P の補正方法の詳細については後述する。

[0023] ドライブ信号生成部 170 は、パルスエッジ補正部 160 による補正後のPWMパルス信号 P_r をドライブ信号 D_R に変換し、インバータ 10 に出力する。インバータ 10 は、3 相交流電圧の各相に対応して複数の半導体スイッチ素子を有しており、各半導体スイッチ素子はドライブ信号 D_R によりオン/オフ制御される。これにより、インバータ制御装置 100 の制御に応じてインバータ 10 の出力電圧が調整される。

[0024] なお上記では、上位制御器からの電流指令に応じてモータ 3 の電流を制御する場合のモータ駆動システム 1 の構成例を図 1 により説明したが、他の制御方法を採用する場合でも、図 1 の構成を適用可能である。例えば、モータ 3 の回転速度を制御する場合には、モータ回転速度 ω_r を回転位置 θ_p の時間変化により演算し、上位制御器からの速度指令と一致するように、電圧指令あるいは電流指令を作成する。また、モータ 3 の出力トルクを制御する場

合には、モータ電流 (I_d , I_q) とモータトルクの関係式あるいはマップを用いて、電流指令 (I_d^* , I_q^*) を作成する。

[0025] 次に、PWMパルス信号Pの生成時における遅れ時間について説明する。前述のように、PWMパルス生成部150では、所定の制御周期ごとにPWMパルス信号Pを生成する。このとき、電流検出部130で電流検出値 (I_u , I_v , I_w) が取得されてから、PWMパルス信号Pに応じてインバータ10の各半導体スイッチ素子が駆動されるまでの遅れ時間を考慮して、PWMパルス信号Pにおける各パルスエッジの位置 (位相) を決定している。

[0026] 図2は、制御周期とPWMパルスの生成タイミングの関係を示す図である。図2において、(a)はPWMタイマのカウンタ値を表し、(b)はインバータ制御装置100において行われる割込処理を表し、(c)はPWMパルス信号の例を示している。なお、図2(a)に示すPWMタイマのカウンタ値は、PWM制御で用いられるキャリア波に相当するものである。このキャリア波の周期 (キャリア周期 T_c) は、キャリア周波数 f_c の逆数から求められ、割込処理の周期、すなわちPWMパルス信号Pが生成される制御周期と同期している。

[0027] 図2(a)に示すPWMタイマのカウンタ値200は、0から最大値MaxCountまで一定の割合で増加し、キャリア周期 T_c ごとに0にリセットされる。このリセットのタイミングを開始タイミング210として、割込処理が行われる。

[0028] 図2(b)に示す割込処理では、キャリア周期 T_c の期間内に、サンプリング処理220、モータ制御演算処理230、マイコンレジスタ格納処理240の各処理が順次実行される。サンプリング処理220では、電流検出部130や回転位置検出部140により、電流センサ1c tや回転位置センサ4の出力信号をそれぞれサンプリングし、電流検出値 (I_u , I_v , I_w) や回転位置 θ_p を検出する。モータ制御演算処理230では、サンプリング処理220で検出された電流検出値 (I_u , I_v , I_w) や回転位置 θ_p を用いて、電流制御部110、変調波演算部120およびPWMパルス生成部

150により、PWMパルス信号Pを求める。マイコンレジスタ格納処理240では、モータ制御演算処理230で求められたPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジの位相に対応するタイマ値をマイコン内のレジスタに格納し、PWMタイマをセットする。これらの処理が実行されることにより、図2(b)に示すように、次のキャリア周期 T_c の期間におけるパルス波形250が設定され、PWMパルス信号Pが生成される。

[0029] ここで、マイコンレジスタ格納処理240は、次回の割込処理の開始タイミング210までに完了させる必要がある。そのため、サンプリング処理220、モータ制御演算処理230、マイコンレジスタ格納処理240の各処理の合計時間は、キャリア周期 T_c よりも短くなければならない。一般的に、サンプリング処理220やマイコンレジスタ格納処理240の処理時間は、モータ制御演算処理230の処理時間に比べて格段に短いことから、これらの処理の合計時間は、モータ制御演算処理230の演算量に支配される。

[0030] 本発明では、パルスエッジ補正部160によりPWMパルス信号Pの補正を行うことで、特許文献1の技術と比べて、モータ制御演算処理230の演算量を低減する。これにより、モータ制御演算処理230の処理時間を短縮できるため、キャリア周期 T_c を短くすることが可能となり、モータ3の高回転化を図ることができる。

[0031] 続いて、PWMパルス信号Pにおける回転位置 θ_p の推測誤差について説明する。図2で説明したように、PWMパルス信号Pでは、開始タイミング210において電流検出値(I_u , I_v , I_w)や回転位置 θ_p が検出されてから、各パルスエッジの位相に対応するタイマ値がセットされてパルス波形250が出力されるまでの間に、キャリア周期 T_c 以上の遅延が生じる。そのため、PWMパルス生成部150では、モータ制御演算処理230において、この遅延時間を考慮して各パルスエッジの位相を計算し、PWMパルス信号Pを生成している。

[0032] 具体的には、PWMパルス生成部150は、開始タイミング210でサンプリング処理220を開始してから次の制御周期の中間位置までの期間、す

なわちキャリア周期 T_c の1.5倍の期間を、PWMパルス信号 P の生成に係る遅延時間として設定する。そして、この遅延時間中の回転位置 θ_p の変化量を、モータ回転速度 ω_r と遅延時間(1.5 T_c)の積により求める。なお、前述のようにモータ回転速度 ω_r は、回転位置 θ_p の時間変化により演算することができる。こうして求められた回転位置 θ_p の変化量を、開始タイミング210において検出された回転位置 θ_p に加えて、各パルスエッジの位相を計算するようにしている。

[0033] しかしながら、モータ回転速度 ω_r が変化している場合には、上記のようなPWMパルス生成部150におけるPWMパルス信号 P の生成方法では、PWMパルス信号 P が出力される時点でのモータ回転速度 ω_r の値において、開始タイミング210で推測した値からの誤差が発生する。したがって、回転位置 θ_p の変化量にも誤差が生じてしまい、各パルスエッジの位相にずれが生じることで、PWMパルス信号 P においてモータ3の回転状態に応じたパルス幅を正確に設定できなくなる。この点について、以下に図3を参照して具体的に説明する。

[0034] 図3は、モータ3の回転位置 θ_p における誤差発生原理の説明図である。図3では、縦軸に回転位置 θ_p を示し、横軸に時間を示している。また、横軸上に示した S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{a3} の各点は、回転位置 θ_p のサンプリングタイミングを表している。

[0035] モータ回転速度 ω_r が上昇している場合、回転位置 θ_p は、例えば図3において実線で示したグラフ310のように変化する。一方、PWMパルス生成部150において、サンプリングタイミング S_{a1} 、 S_{a2} でそれぞれ検出された回転位置 θ_p に基づいてモータ回転速度 ω_r を算出し、その算出値から回転位置 θ_p の変化量を求めて各検出値に加えると、破線で示した線分311、312のような回転位置 θ_p の推測値がそれぞれ求められる。この線分311、312で示される回転位置 θ_p の推測値は、グラフ310で示される回転位置 θ_p の真値に対して、サンプリングタイミング S_{a1} 、 S_{a2} からの経過時間が長くなるほど乖離が大きくなる。

- [0036] ここで、サンプリングタイミング S_{a1} からPWMパルス信号 P が出力されるまでの遅延時間が、前述のようにキャリア周期 T_c の1.5倍であるとすると、この遅延時間中の回転位置 θ_p の推測値と真値との誤差 E_{r1} は、タイミング T_{a1} における線分311とグラフ310の差分で表される。同様に、サンプリングタイミング S_{a2} からPWMパルス信号 P が出力されるまでの遅延時間中の回転位置 θ_p の推測値と真値との誤差 E_{r2} は、タイミング T_{a2} における線分312とグラフ310の差分で表される。
- [0037] 以上説明したように、PWMパルス生成部150では、モータ回転速度 ω_r の変化を考慮せずに、回転位置 θ_p の検出時点からPWMパルス信号 P が出力されるまでの遅延時間中の回転位置 θ_p の変化量を求めることで、回転位置 θ_p が推測される。そのため、モータ回転速度 ω_r が変化している場合には、回転位置 θ_p の推測結果に誤差が発生することがある。この回転位置 θ_p の推測誤差は、PWMパルス信号 P のパルスエッジのずれとなってインバータ10の制御誤差の原因となる。
- [0038] そこで本実施形態では、パルスエッジ補正部160において、PWMパルス生成部150が生成したPWMパルス信号 P における回転位置 θ_p の推測誤差が解消されるように、PWMパルス信号 P の補正を行うようにしている。具体的には、過去の回転位置 θ_p の検出結果から、各サンプリングタイミングにおけるモータ3の角加速度を求め、その角加速度の値に応じて、PWMパルス信号 P の各パルスエッジのタイミングを制御周期ごとに補正する。すなわち、角加速度が正の値の場合は、その値に応じた分だけ各パルスエッジのタイミングを早めるように補正し、反対に角加速度が負の値の場合は、その値に応じた分だけ各パルスエッジのタイミングを遅らせるように補正する。これにより、補正後のPWMパルス信号 P_r では、PWMパルス信号 P における回転位置 θ_p の推測誤差が解消されるようにする。
- [0039] 図4は、パルスエッジ補正部160による補正前後でのPWMパルス信号の波形変化の様子を示している。図4において、(a)は変調波信号の一例である台形変調波を示し、(b)は補正前のPWMパルス信号 P を示し、(

c) は補正後のPWMパルス信号P_rを示している。

[0040] 例えば、変調波演算部120により図4(a)に示す台形変調波410が生成され、この台形変調波410に対して、PWMパルス生成部150により、PWMパルス信号Pとして図4(b)に示すパルス波形420が生成されたときに、モータ回転速度 ω_r が上昇しているとする。この場合、モータ3の回転状態に対して適切な変調波は、図4(a)において破線で示す理想変調波411のように、生成された台形変調波410から乖離する。その結果、サンプリングタイミングS_{a2}、S_{a3}において、台形変調波410と理想変調波411の間に、図4(a)で示すような電圧誤差がそれぞれ生じてしまう。これは、台形変調波410に応じて生成されたパルス波形420では、インバータ10の各半導体スイッチ素子を理想変調波411に応じた適切なタイミングでオン/オフ制御することができず、インバータ10からモータ3へ回転状態に応じた電流を出力できなくなってしまうことを意味する。

[0041] パルスエッジ補正部160は、サンプリングタイミングS_{a1}からサンプリングタイミングS_{a2}までの制御期間と、サンプリングタイミングS_{a2}からサンプリングタイミングS_{a3}までの制御期間とのそれぞれにおいて、PWMパルス生成部150により生成されたPWMパルス信号Pに対して、前述のような補正を行う。これにより、図4(b)に示すパルス波形420の各パルスエッジの位置(位相)が図の左方向に移動され、補正後のPWMパルス信号P_rとして、図4(c)に示すパルス波形430が生成される。その結果、理想変調波411に対応するパルス波形430で補正後のPWMパルス信号P_rをドライブ信号生成部170へ出力することができる。

[0042] なお、図4ではモータ回転速度 ω_r が上昇している場合のPWMパルス信号の補正例を説明したが、モータ回転速度 ω_r が低下している場合は、上記とは反対に、パルス波形420の各パルスエッジの位置(位相)を図の右方向に移動することで、PWMパルス信号の補正を行うことができる。これにより、モータ3の角加速度が正の値の場合は、各パルスエッジタイミングを

早めるように補正し、モータ3の角加速度が負の値の場合は、各パルスエッジタイミングを遅らせるように補正することが可能となる。

[0043] 以上説明したように、パルスエッジ補正部160は、PWMパルス信号の補正処理を行うことにより、モータ3の加速時や減速時に、回転位置 θ_p の見なし値と真値の間にズレが発生するのを防ぐことができる。これにより、モータ回転速度 ω_r が大きく変動している場合であっても、低次高調波を低減することができるため、モータの低騒音・低振動化と高回転化を両立することができる。ここでいう低次高調波の低減には、振幅低減と共に高次側へ移動させることも含まれる。

[0044] なお、パルスエッジ補正部160が行うPWMパルス信号の補正処理では、補正後のPWMパルス信号によるインバータ出力電流の基本波のゼロクロス点が、理想変調波411のゼロクロス点と一致するか、あるいはその差が可能な限り小さくなるように、各パルスエッジのタイミング補正量を定めることが望ましい。

[0045] 図5は、本発明の第1の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャートである。本実施形態において、パルスエッジ補正部160は、キャリア周期 T_c に応じた所定の制御周期ごとに図5のフローチャートに示す処理を実行することで、PWMパルス信号の補正処理を実施し、補正後のPWMパルス信号 P_r をドライブ信号生成部170へ出力する。

[0046] ステップS10において、パルスエッジ補正部160は、回転位置 θ_p とキャリア周波数 f_c を取得する。ここでは、PWMパルス生成部150がPWMパルス信号 P を生成する際に用いた回転位置 θ_p とキャリア周波数 f_c をそれぞれ取得する。

[0047] ステップS20において、パルスエッジ補正部160は、ステップS10で取得した回転位置 θ_p とキャリア周波数 f_c に基づいて、モータ3の角加速度 a を算出する。ここでは、例えばキャリア周波数 f_c の逆数からキャリア周期 T_c を算出するとともに、今回の回転位置 θ_p と前回の回転位置 θ_p の差分を算出し、これらに基づいてキャリア周期 T_c の間における回転位置

θ_p の変化量を求めることにより、モータ回転速度 ω_r を算出する。そして、今回のモータ回転速度 ω_r の算出値と、前回のモータ回転速度 ω_r の算出値との差分を算出し、この差分をキャリア周期 T_c で除算することにより、角加速度 a を算出することができる。このとき、過去の複数のモータ回転速度 ω_r の算出値を用いることで、過去の一定期間におけるモータ回転速度 ω_r の変化を考慮して角加速度 a を算出してもよい。これ以外にも、モータ 3 の角加速度 a を算出することができれば、任意の手法によりステップ S 20 の処理を行うことが可能である。

[0048] ステップ S 30 において、パルスエッジ補正部 160 は、PWM パルス生成部 150 により生成された補正前の PWM パルス信号 P を入力する。ここでは、PWM パルス生成部 150 が直近の割込処理で求めた各パルスエッジの位相、すなわち次回の制御周期に対して生成した PWM パルス信号 P を、PWM パルス生成部 150 から入力する。

[0049] ステップ S 40 において、パルスエッジ補正部 160 は、ステップ S 10 で取得した回転位置 θ_p を回転位置検出部 140 が回転位置センサ 4 の出力信号からサンプリングした時点から、補正後の PWM パルス信号 P_r がドライブ信号生成部 170 へ出力されるまでの経過時間を算出する。ここでは、例えば前述したように、ステップ S 10 で取得したキャリア周波数 f_c の逆数からキャリア周期 T_c を算出し、このキャリア周期 T_c の 1.5 倍の期間を、回転位置 θ_p のサンプリング時点から補正後の PWM パルス信号 P_r の出力までの経過時間として算出する。

[0050] ステップ S 50 において、パルスエッジ補正部 160 は、ステップ S 20 で算出した角加速度 a と、ステップ S 40 で算出した経過時間とに基づいて、モータ 3 の位相誤差量を計算する。ここでは、例えば角加速度 a を経過時間について 2 回積分することで、回転位置 θ_p のサンプリング時点から補正後の PWM パルス信号 P_r の出力までに生じるモータ 3 の位相誤差量を計算することができる。

[0051] ステップ S 60 において、パルスエッジ補正部 160 は、ステップ S 50

で算出したモータ3の位相誤差量に基づいて、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミング補正量を計算する。ここでは、例えば予め記憶されたマップ情報を参照することにより、ステップS50で算出した位相誤差量に対応するタイミング補正量を求める。あるいは、所定の演算式を用いて、位相誤差量に対応するタイミングの補正量を求めてもよい。これ以外にも任意の手法を用いて、位相誤差量に対応するタイミング補正量を求めることができる。

[0052] 本実施形態のパルスエッジ補正部160は、以上説明したステップS50およびS60の処理により、回転位置 θ_p のサンプリング時点から補正後のPWMパルス信号P_rの出力までの経過時間と、モータ3の角加速度aとに基づいて、PWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミング補正量を計算することができる。

[0053] ステップS70において、パルスエッジ補正部160は、ステップS20で算出した角加速度aの値が0以上であるか否かを判定する。その結果、角加速度aの値が0以上である場合、すなわち正の値である場合はステップS80に進み、0未満である場合、すなわち負の値である場合はステップS90に進む。

[0054] ステップS80において、パルスエッジ補正部160は、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミングを、ステップS60で求めたタイミング補正量の分だけ減少方向に補正する。これにより、各パルスエッジのタイミングを早めるように、PWMパルス信号Pが補正される。

[0055] ステップS90において、パルスエッジ補正部160は、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミングを、ステップS60で求めたタイミング補正量の分だけ増加方向に補正する。これにより、各パルスエッジのタイミングを遅らせるように、PWMパルス信号Pが補正される。

[0056] ステップS80またはS90を実行した後、ステップS100において、

パルスエッジ補正部160は、補正後のPWMパルス信号Prを出力する。ここでは、ステップS80またはS90の処理によって各パルスエッジのタイミングが減少方向または増加方向に補正されたPWMパルス信号Pを、補正後のPWMパルス信号Prとしてドライブ信号生成部170へ出力する。

[0057] ステップS100の処理を終えたら、図5のフローチャートに示すPWMパルス信号の補正処理を終了し、所定の制御周期が経過するまで待機する。所定の制御周期が経過して次の制御タイミングになると、パルスエッジ補正部160は、図5のフローチャートに示す処理をステップS10から再開してPWMパルス信号の補正処理を繰り返す。

[0058] (第2の実施形態)

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本実施形態では、PWMパルス信号Pの各パルスエッジのタイミングを個別に補正する例を説明する。なお、本実施形態におけるインバータ制御装置やモータ駆動システムの構成は、第1の実施形態で説明した図1と同様である。したがって以下では、図1の構成を用いて本実施形態の説明を行うものとする。

[0059] 図6は、本発明の第2の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャートである。本実施形態において、パルスエッジ補正部160は、キャリア周期Tcに応じた所定の制御周期ごとに図6のフローチャートに示す処理を実行することで、PWMパルス信号の補正処理を実施し、補正後のPWMパルス信号Prをドライブ信号生成部170へ出力する。

[0060] なお、図6のフローチャートにおいて、第1の実施形態で説明した図5のフローチャートと同一の処理を行う部分については、同一のステップ番号としている。以下では、この図5と同一ステップ番号の処理については、特に必要ない限り説明を省略する。

[0061] ステップS35において、パルスエッジ補正部160は、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミングを抽出する。ここでは、PWMパルス信号Pに含まれる1制御周期内での各パルスエッジの位相を取得することで、各パルスエッジのタイミングを抽

出することができる。

- [0062] ステップS40Aにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS10で取得した回転位置 θ_p を回転位置検出部140が回転位置センサ4の出力信号からサンプリングした時点から、補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジまでの経過時間を算出する。ここでは、例えばステップS10で取得した回転位置 θ_p と、ステップS35で抽出した各パルスエッジの位相との差分をそれぞれ算出し、この差分をモータ回転速度 ω_r で除算することにより、回転位置 θ_p のサンプリング時点から各パルスエッジまでの経過時間を算出する。
- [0063] ステップS50Aにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS20で算出した角加速度 a と、ステップS40Aで算出した各パルスエッジの経過時間とに基づいて、補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジに対するモータ3の位相誤差量を計算する。ここでは、例えばパルスエッジごとに角加速度 a をその経過時間について2回積分することで、回転位置 θ_p のサンプリング時点から各パルスエッジまでの間に生じるモータ3の位相誤差量を計算することができる。
- [0064] ステップS60Aにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS50Aで算出した各パルスエッジに対するモータ3の位相誤差量に基づいて、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミング補正量を計算する。ここでは、第1の実施形態で説明した図5のステップS60と同様に、例えば予め記憶されたマップ情報を参照することにより、ステップS50Aで算出した位相誤差量に対応するタイミング補正量をパルスエッジごとに求める。あるいは、所定の演算式を用いて、位相誤差量に対応するタイミングの補正量をパルスエッジごとに求めてもよい。これ以外にも任意の手法を用いて、位相誤差量に対応する各パルスエッジのタイミング補正量を求めることができる。
- [0065] 本実施形態のパルスエッジ補正部160は、以上説明したステップS50AおよびS60Aの処理により、所定の制御周期中におけるPWMパルス信

号Pの各パルスエッジについて、タイミング補正量をそれぞれ計算することができる。

[0066] ステップS70において、パルスエッジ補正部160は、ステップS20で算出した角加速度aの値が0以上であるか否かを判定する。その結果、角加速度aの値が0以上である場合、すなわち正の値である場合はステップS80Aに進み、0未満である場合、すなわち負の値である場合はステップS90Aに進む。

[0067] ステップS80Aにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジに対して個別に、そのタイミングをステップS60Aで求めたタイミング補正量の分だけ減少方向に補正する。これにより、各パルスエッジのタイミングを早めるように、PWMパルス信号Pが補正される。

[0068] ステップS90Aにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS30で入力した補正前のPWMパルス信号Pにおける各パルスエッジに対して個別に、そのタイミングをステップS60Aで求めたタイミング補正量の分だけ増加方向に補正する。これにより、各パルスエッジのタイミングを遅らせるように、PWMパルス信号Pが補正される。

[0069] なお、ステップS50Aで計算される位相誤差量は、制御周期中での順番が早い、すなわちサンプリングタイミングに近い位置のパルスエッジほど、その値が小さくなる。したがって、ステップS80A、S90Aでは、制御周期中における1番目のパルスエッジに対するタイミング補正量を0として、2番目以降のパルスエッジのタイミングを補正するようにしてもよい。

[0070] (第3の実施形態)

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。本実施形態では、モータ3の角加速度の絶対値が小さく、そのため回転位置 θ_p の推測誤差が小さい場合は、PWMパルス信号Pの補正を省略する例を説明する。なお、本実施形態におけるインバータ制御装置やモータ駆動システムの構成も、第1の実施形態で説明した図1と同様である。したがって以下では、図1の構成を

用いて本実施形態の説明を行うものとする。

[0071] 図7は、本発明の第3の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャートである。本実施形態において、パルスエッジ補正部160は、キャリア周期 T_c に応じた所定の制御周期ごとに図7のフローチャートに示す処理を実行することで、PWMパルス信号の補正処理を実施し、補正後のPWMパルス信号 P_r をドライブ信号生成部170へ出力する。

[0072] なお、図7のフローチャートにおいて、第1の実施形態で説明した図5のフローチャートと同一の処理を行う部分については、同一のステップ番号としている。以下では、この図5と同一ステップ番号の処理については、特に必要ない限り説明を省略する。

[0073] ステップS25において、パルスエッジ補正部160は、ステップS20で算出した角加速度 a の絶対値が所定のしきい値 T_h 以上であるか否かを判定する。その結果、角加速度 a の絶対値がしきい値 T_h 以上である場合はステップS30に進み、ステップS30以降の処理を実行することでPWMパルス信号 P の補正を行う。一方、角加速度 a の絶対値がしきい値 T_h 未満である場合は、図7のフローチャートに示すPWMパルス信号の補正処理を終了する。この場合、PWMパルス信号 P の補正は行われず、PWMパルス生成部150により生成されたPWMパルス信号 P がそのままドライブ信号生成部170へ出力される。

[0074] (第4の実施形態)

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。本実施形態では、回転位置 θ_p のサンプリングタイミング以降におけるモータ3の回転状態の変化を予測し、その予測結果を反映してPWMパルス信号 P の補正を行う例を説明する。

[0075] 図8は、本発明の第4の実施形態に係るインバータ制御装置100Aを有するモータ駆動システム1Aの構成を示すブロック図である。モータ駆動システム1Aおよびインバータ制御装置100Aは、第1の実施形態で説明した図1のモータ駆動システム1、インバータ制御装置100とそれぞれ同様

の構成を有しており、インバータ制御装置100Aにおいて、不図示の上位制御器からパルスエッジ補正部160に、車速信号 V_s 、トルク要求 τ^* および駆動負荷予測量 L_s が入力される点が異なっている。

[0076] 本実施形態のモータ駆動システム1Aは、モータ3の駆動により走行する電動車両に搭載されている。車速信号 V_s は、この電動車両の走行速度を表している。トルク要求 τ^* は、モータ3に対するトルクの要求値を表している。なお、電流制御部110に入力される電流指令値(I_d^* , I_q^*)からトルク要求 τ^* を算出してもよい。駆動負荷予測量 L_s は、モータ3の駆動負荷の予測量を表している。上位制御器では、例えば電動車両がこれから走行する予定の道路における勾配情報や加減速情報を含む走行計画を取得し、この走行計画に基づいて駆動負荷予測量 L_s を求めることができる。

[0077] 図9は、本発明の第4の実施形態に係るPWMパルス信号の補正処理のフローチャートである。本実施形態において、パルスエッジ補正部160は、キャリア周期 T_c に応じた所定の制御周期ごとに図9のフローチャートに示す処理を実行することで、PWMパルス信号の補正処理を実施し、補正後のPWMパルス信号 P_r をドライブ信号生成部170へ出力する。

[0078] なお、図9のフローチャートにおいて、第1の実施形態で説明した図5のフローチャートと同一の処理を行う部分については、同一のステップ番号としている。以下では、この図5と同一ステップ番号の処理については、特に必要ない限り説明を省略する。

[0079] ステップS45において、パルスエッジ補正部160は、不図示の上位制御器から車速信号 V_s 、トルク要求 τ^* および駆動負荷予測量 L_s を取得する。

[0080] ステップS50Bにおいて、パルスエッジ補正部160は、ステップS20で算出した角加速度 a と、ステップS40で算出した経過時間とに加えて、さらにステップS45で取得した車速信号 V_s 、トルク要求 τ^* および駆動負荷予測量 L_s に基づき、モータ3の位相誤差量を計算する。ここでは、例えば車速信号 V_s 、トルク要求 τ^* および駆動負荷予測量 L_s の値から、

ステップS40で算出した経過時間内で角加速度 a がどのように変動するかを予測する。そして、各時点での角加速度 a の予測値を経過時間について2回積分することで、回転位置 θ_p のサンプリング時点から補正後のPWMパルス信号 P_r の出力までに生じるモータ3の位相誤差量を計算することができる。

[0081] なお、ステップS50Bでは、必ずしも車速信号 V_s 、トルク要求 τ^* および駆動負荷予測量 L_s の全てを用いる必要はない。これらの少なくともいずれか一つを用いることにより、角加速度 a の変化傾向を予測できればよい。

[0082] 本実施形態のパルスエッジ補正部160は、以上説明したステップS50Bの処理と、前述のステップS60の処理とが行われる。これにより、回転位置 θ_p のサンプリング時点から補正後のPWMパルス信号 P_r の出力までの経過時間およびモータ3の角加速度 a と、モータ3の駆動により走行する電動車両の走行速度を表す車速信号 V_s 、モータ3に対するトルク要求 τ^* 、およびモータ3の駆動負荷の予測量を表す駆動負荷予測量 L_s の少なくともいずれか一つと、に基づいて、PWMパルス信号 P における各パルスエッジのタイミング補正量を計算することができる。

[0083] (第5の実施形態)

次に、本発明の第5の実施形態について説明する。本実施形態では、PWMパルス信号 P の補正を行う代わりに、PWMパルス信号 P の生成に用いる回転位置 θ_p を補正する例を説明する。

[0084] 図10は、本発明の第5の実施形態に係るインバータ制御装置100Bを有するモータ駆動システム1Bの構成を示すブロック図である。モータ駆動システム1Bおよびインバータ制御装置100Bは、第1の実施形態で説明した図1のモータ駆動システム1、インバータ制御装置100とそれぞれ同様の構成を有しており、インバータ制御装置100Bにおいて、パルスエッジ補正部160に替えて回転位置補正部180が設けられている点が異なっている。

- [0085] 回転位置補正部180は、回転位置検出部140により検出されたモータ3の回転位置 θ_p を、モータ3の角加速度に基づいて補正する。そして、補正後の回転位置 θ_{pr} をPWMパルス生成部150へ出力する。本実施形態において、PWMパルス生成部150は、この補正後の回転位置 θ_{pr} を補正前の回転位置 θ_p の代わりに用いて、PWMパルス信号Pを生成する。これにより、回転位置 θ_p の推測誤差が解消されたPWMパルス信号Pを生成できるようにしている。
- [0086] 図11は、本発明の第5の実施形態に係るモータ回転位置の補正処理のフローチャートである。本実施形態において、回転位置補正部180は、キャリア周期 T_c に応じた所定の制御周期ごとに図11のフローチャートに示す処理を実行することで、モータ回転位置の補正処理を実施し、補正後の回転位置 θ_{pr} をPWMパルス生成部150へ出力する。
- [0087] なお、図11のフローチャートにおいて、第1の実施形態で説明した図5のフローチャートと同一の処理を行う部分については、同一のステップ番号としている。以下では、この図5と同一ステップ番号の処理については、特に必要ない限り説明を省略する。
- [0088] ステップS60Cにおいて、回転位置補正部180は、ステップS50で算出したモータ3の位相誤差量に基づいて、ステップS10で取得した補正前の回転位置 θ_p に対する補正量を計算する。ここでは、例えば位相誤差量の符号を反転させることにより、回転位置 θ_p の補正量を求める。あるいは、所定のマップ情報や演算式を用いて、位相誤差量に対応する回転位置 θ_p の補正量を求めてもよい。これ以外にも任意の手法を用いて、位相誤差量に対応する回転位置 θ_p の補正量を求めることができる。
- [0089] ステップS100Cにおいて、回転位置補正部180は、補正後の回転位置 θ_{pr} を出力する。ここでは、例えばステップS10で取得した補正前の回転位置 θ_p に、ステップS60Cで求めた補正量を加算した値を、補正後の回転位置 θ_{pr} としてPWMパルス生成部150へ出力する。
- [0090] ステップS100Cの処理を終えたら、図11のフローチャートに示すモ

ータ回転位置の補正処理を終了し、所定の制御周期が経過するまで待機する。所定の制御周期が経過して次の制御タイミングになると、回転位置補正部180は、図11のフローチャートに示す処理をステップS10から再開してモータ回転位置の補正処理を繰り返す。

[0091] 以上説明したように、本発明の実施形態では、パルスエッジ補正部160によりPWMパルス信号Pが補正されるか、または、回転位置補正部180によりモータ3の回転位置 θ_p が補正されることで、インバータ10からモータ3へ実際に出力される電圧の基本波成分の位相が、実際のモータ3の位相に合うように補正される。これにより、キャリア周波数 f_c がインバータ10の出力電圧の基本波周波数に対して相対的に不足した場合の電圧誤差を低減できることから、キャリア周波数 f_c をより低下させることが可能となり、インバータ10のスイッチング損失の低減に寄与する。さらに、特許文献1のような従来技術よりもPWMパルス信号の生成処理が軽量の演算処理で済むことから、処理負荷がボトルネックとなっていたキャリア周波数 f_c をより高く設定することが可能となり、その結果、従来よりも電圧誤差を低減したPWMパルス信号を出力できるようになる。

[0092] 以上説明した本発明によるインバータ制御装置によれば、以下のような作用効果を奏する。

[0093] (1) インバータ制御装置100は、モータ3に交流電流を出力するインバータ10を制御するためのPWMパルス信号Pを所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部150と、PWMパルス生成部150により生成されたPWMパルス信号Pのパルスエッジのタイミングを制御周期ごとに補正することで、PWMパルス信号Pの補正を行うパルスエッジ補正部160とを備える。パルスエッジ補正部160は、モータ3の角加速度 a が正の値の場合(ステップS70:Yes)は、パルスエッジのタイミングを早めるようにPWMパルス信号Pを補正し(ステップS80)、モータ3の角加速度 a が負の値の場合(ステップS70:No)は、パルスエッジのタイミングを遅らせるようにPWMパルス信号Pを補正する(ステップS90)。この

ようにしたので、モータ3の加速時や減速時においても、PWMパルス信号Pを生成する際の回転位置 θ_p の推測誤差が抑制されるようにPWMパルス信号Pを補正することができ、その結果、モータ3の回転速度 ω_r が大きく変動している場合であっても低次高調波を低減することができる。したがって、モータ3の低騒音・低振動化と高回転化を両立可能なインバータ制御装置100を提供することができる。

[0094] (2) パルスエッジ補正部160は、モータ3の回転位置 θ_p の検出時点からPWMパルス信号Pが出力されるまでの経過時間を計算し(ステップS40)、計算した経過時間およびモータ3の角加速度aに基づいて、パルスエッジのタイミング補正量を計算し(ステップS50, S60)、計算したタイミング補正量に基づいて、PWMパルス信号Pを補正する(ステップS70, S80)。このようにしたので、PWMパルス信号Pにおけるパルスエッジのタイミングを正確に補正することができる。

[0095] (3) 第2の実施形態において、パルスエッジ補正部160は、制御周期中におけるPWMパルス信号Pの各パルスエッジについて、タイミング補正量をそれぞれ計算する(ステップS60A)。このようにしたので、PWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミングを個別に正確に補正することができる。

[0096] (4) また、第2の実施形態において、パルスエッジ補正部160は、制御周期中における1番目のパルスエッジに対するタイミング補正量を0として、2番目以降のパルスエッジのタイミングを補正してもよい。このようにすれば、インバータ制御装置100の演算負荷を軽減しつつ、PWMパルス信号Pにおける各パルスエッジのタイミングを個別に正確に補正することができる。

[0097] (5) 第3の実施形態において、パルスエッジ補正部160は、モータ3の角加速度aの絶対値が所定のしきい値未満である場合(ステップS25:No)は、PWMパルス信号Pの補正を行わない。このようにしたので、回転位置 θ_p の推測誤差が小さい場合は、PWMパルス信号Pの補正を省略して

、インバータ制御装置100の演算負荷を軽減することができる。

[0098] (6) 第4の実施形態において、パルスエッジ補正部160は、モータ3の回転位置 θ_p の検出時点からPWMパルス信号Pが出力されるまでの経過時間を計算し(ステップS40)、計算した経過時間およびモータ3の角加速度 a と、モータ3の駆動により走行する車両の走行速度を表す車速信号 V_s 、モータ3に対するトルク要求 τ^* 、およびモータ3の駆動負荷の予測量 L_s の少なくともいずれか一つと、に基づいて、パルスエッジのタイミング補正量を計算し(ステップS50B, S60)、計算したタイミング補正量に基づいて、PWMパルス信号Pを補正する(ステップS70, S80)。このようにしたので、角加速度 a の変化傾向を考慮して、PWMパルス信号Pにおけるパルスエッジのタイミングをより一層正確に補正することができる。

[0099] (7) 第5の実施形態に係るインバータ制御装置100Bは、モータ3に交流電流を出力するインバータ10を制御するためのPWMパルス信号Pを所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部150と、モータ3の回転位置 θ_p を検出する回転位置検出部140と、回転位置検出部140により検出されたモータ3の回転位置 θ_p を、モータ3の角加速度 a に基づいて補正する回転位置補正部180とを備える。PWMパルス生成部150は、回転位置補正部180により補正されたモータ3の回転位置 θ_{pr} に基づいて、PWMパルス信号Pを生成する。このようにしたので、モータ3の加速時や減速時においても、回転位置 θ_p の推測誤差が抑制された補正後の回転位置 θ_{pr} を用いてPWMパルス信号Pを生成することができ、その結果、モータ3の回転速度 ω_r が大きく変動している場合であっても低次高調波を低減することができる。したがって、モータ3の低騒音・低振動化と高回転化を両立可能なインバータ制御装置100を提供することができる。

[0100] 上述の実施形態では、インバータ制御装置単体について説明したが、当該上述の機能を有していれば、インバータ制御装置とインバータとが一体化したインバータ装置や、インバータ装置とモータとが一体化したモータ駆動シ

システムにも本発明を適用できる。

[0101] なお、本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

符号の説明

- [0102] 1, 1 A, 1 B…モータ駆動システム
2…バッテリー
3…モータ
4…回転位置センサ
10…インバータ
100, 100 A, 100 B…インバータ制御装置
110…電流制御部
120…変調波演算部
130…電流検出部
140…回転位置検出部
150…PWMパルス生成部
160…パルスエッジ補正部
170…ドライブ信号生成部
180…回転位置補正部

請求の範囲

- [請求項1] モータに交流電流を出力するインバータを制御するためのPWMパルス信号を所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部と、
前記PWMパルス生成部により生成された前記PWMパルス信号のパルスエッジのタイミングを前記制御周期ごとに補正することで、前記PWMパルス信号の補正を行うパルスエッジ補正部と、を備え、
前記パルスエッジ補正部は、前記モータの角加速度が正の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを早めるように前記PWMパルス信号を補正し、前記モータの角加速度が負の値の場合は、前記パルスエッジのタイミングを遅らせるように前記PWMパルス信号を補正するインバータ制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のインバータ制御装置において、
前記パルスエッジ補正部は、
前記モータの回転位置の検出時点から前記PWMパルス信号が出力されるまでの経過時間を計算し、
前記経過時間および前記モータの角加速度に基づいて、前記パルスエッジのタイミング補正量を計算し、
前記タイミング補正量に基づいて、前記PWMパルス信号を補正するインバータ制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のインバータ制御装置において、
前記パルスエッジ補正部は、前記制御周期中における前記PWMパルス信号の各パルスエッジについて、前記タイミング補正量をそれぞれ計算するインバータ制御装置。
- [請求項4] 請求項3に記載のインバータ制御装置において、
前記パルスエッジ補正部は、前記制御周期中における1番目の前記パルスエッジに対する前記タイミング補正量を0として、2番目以降の前記パルスエッジのタイミングを補正するインバータ制御装置。
- [請求項5] 請求項1に記載のインバータ制御装置において、

前記パルスエッジ補正部は、前記モータの角加速度の絶対値が所定のしきい値未満である場合は、前記PWMパルス信号の補正を行わないインバータ制御装置。

[請求項6]

請求項1に記載のインバータ制御装置において、

前記パルスエッジ補正部は、

前記モータの回転位置の検出時点から前記PWMパルス信号が出力されるまでの経過時間を計算し、

前記経過時間および前記モータの角加速度と、前記モータの駆動により走行する車両の走行速度、前記モータに対するトルク要求、および前記モータの駆動負荷の予測量の少なくともいずれか一つと、に基づいて、前記パルスエッジのタイミング補正量を計算し、

前記タイミング補正量に基づいて、前記PWMパルス信号を補正するインバータ制御装置。

[請求項7]

モータに交流電流を出力するインバータを制御するためのPWMパルス信号を所定の制御周期ごとに生成するPWMパルス生成部と、

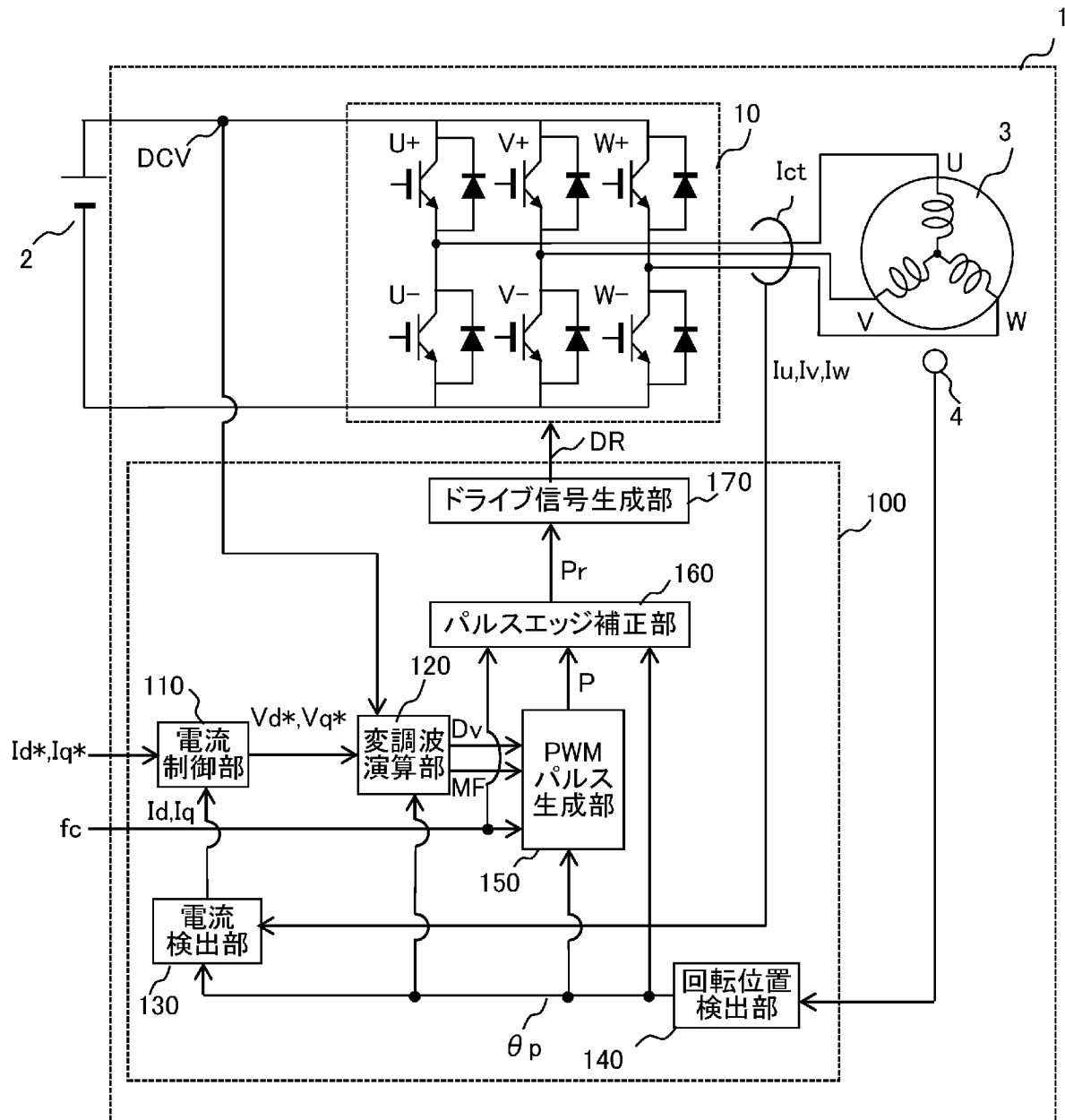
前記モータの回転位置を検出する回転位置検出部と、

前記回転位置検出部により検出された前記モータの回転位置を、前記モータの角加速度に基づいて補正する回転位置補正部と、を備え、

前記PWMパルス生成部は、前記回転位置補正部により補正された前記モータの回転位置に基づいて、前記PWMパルス信号を生成するインバータ制御装置。

[図1]

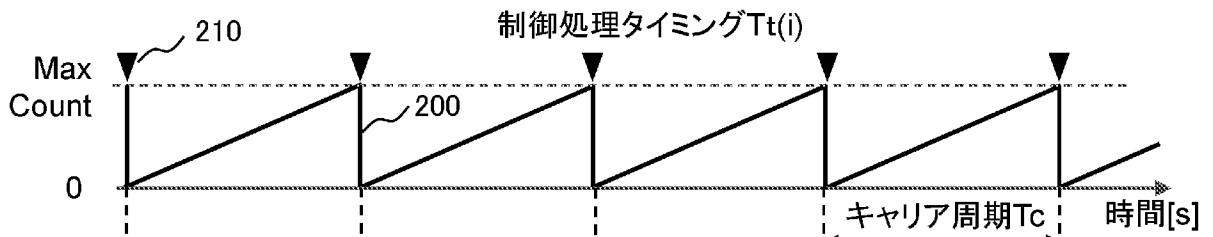
図 1



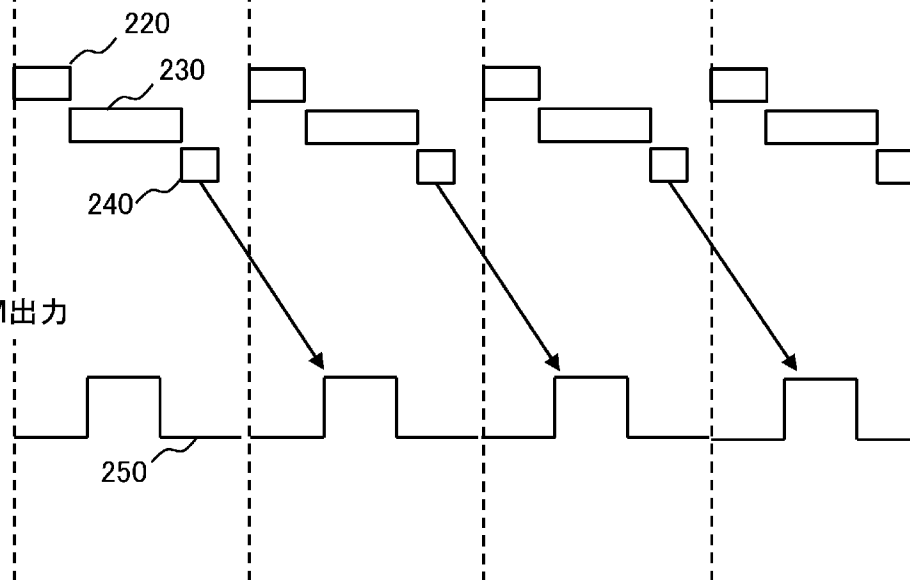
[図2]

図 2

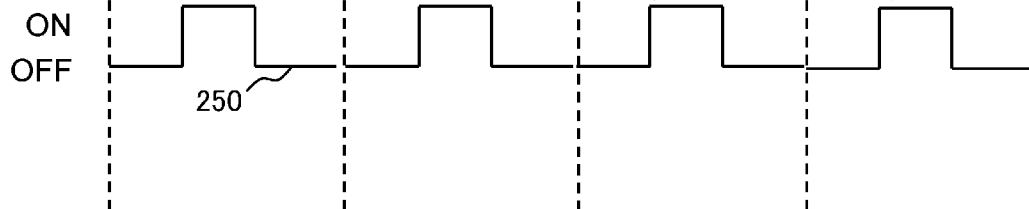
(a) PWMタイマ(キャリア周期信号)



(b) キャリア周期割込処理

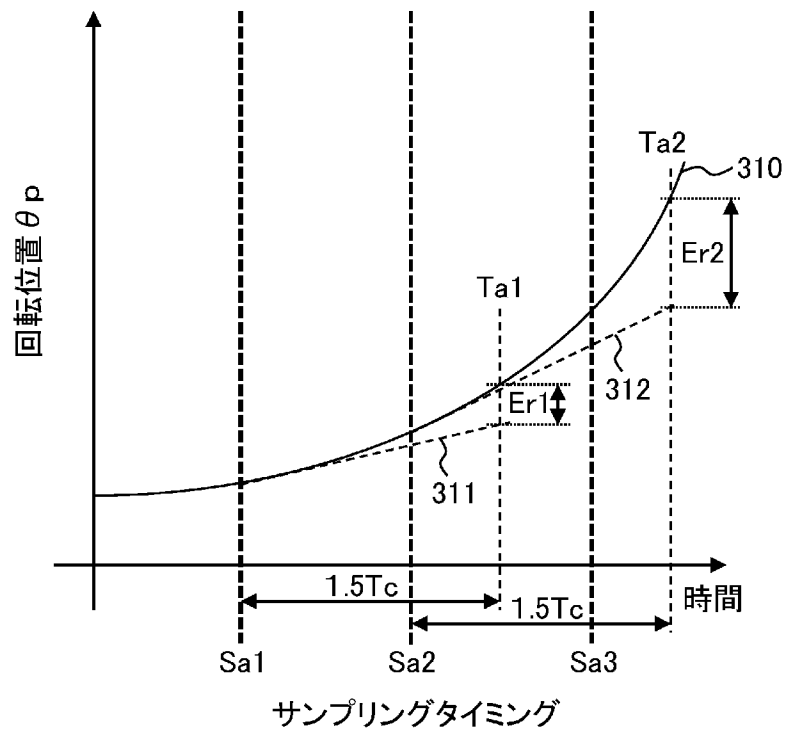


(c) PWM出力



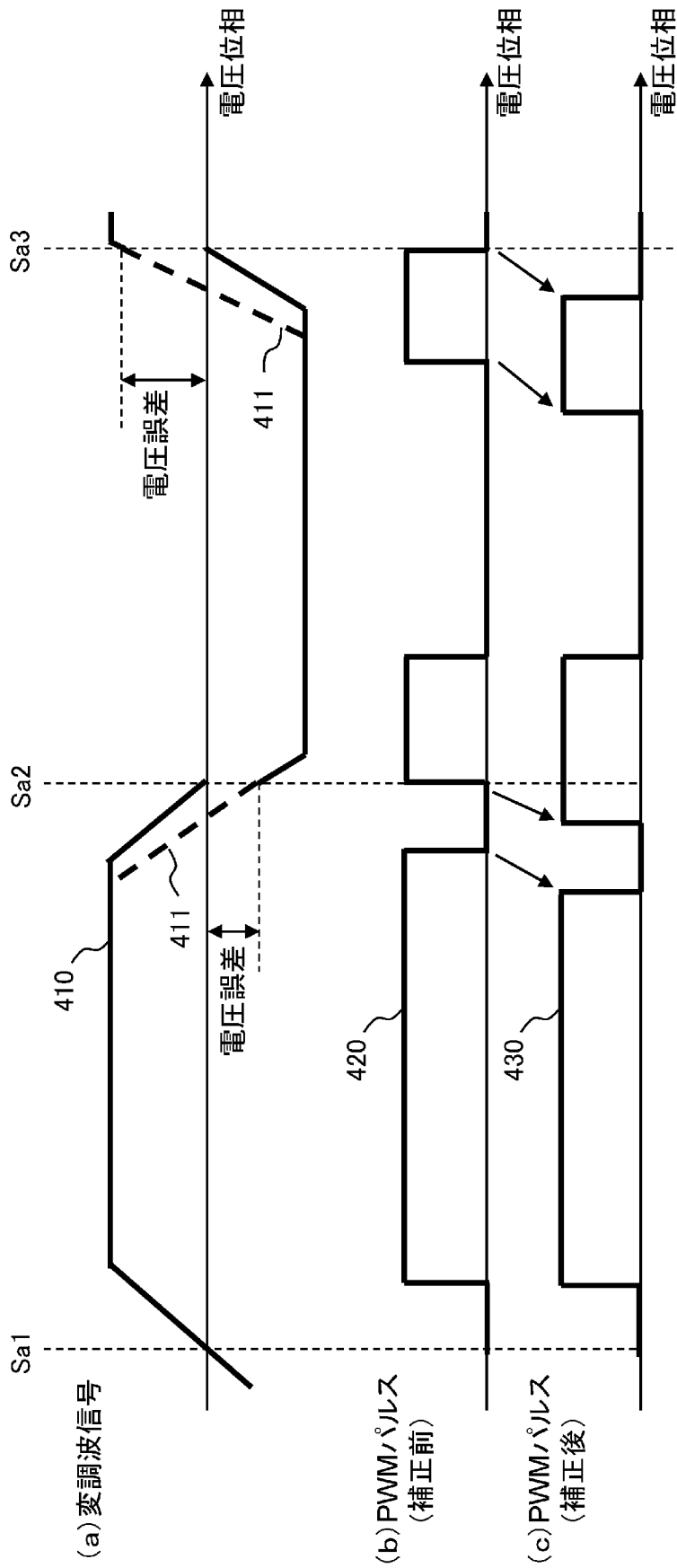
[図3]

図 3



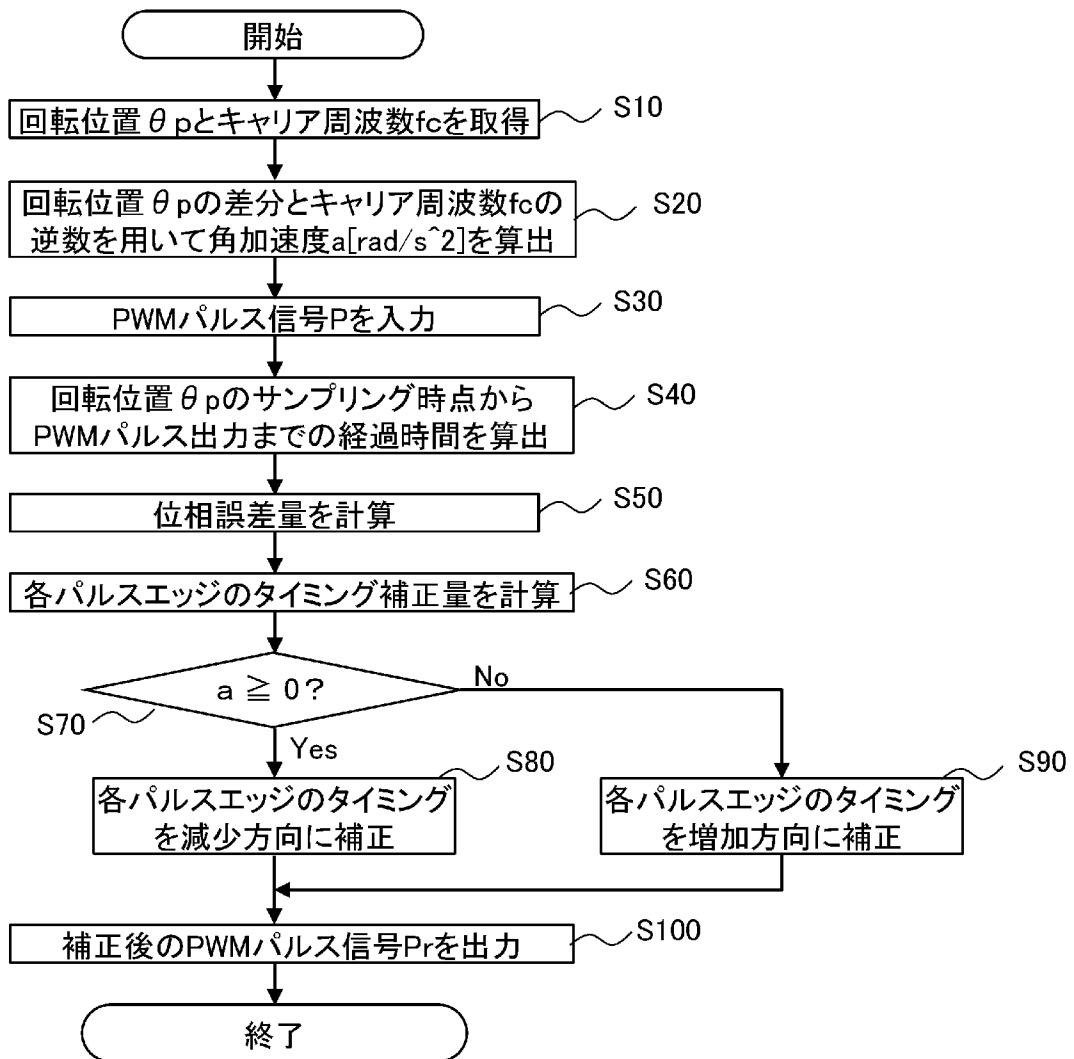
[図4]

図 4



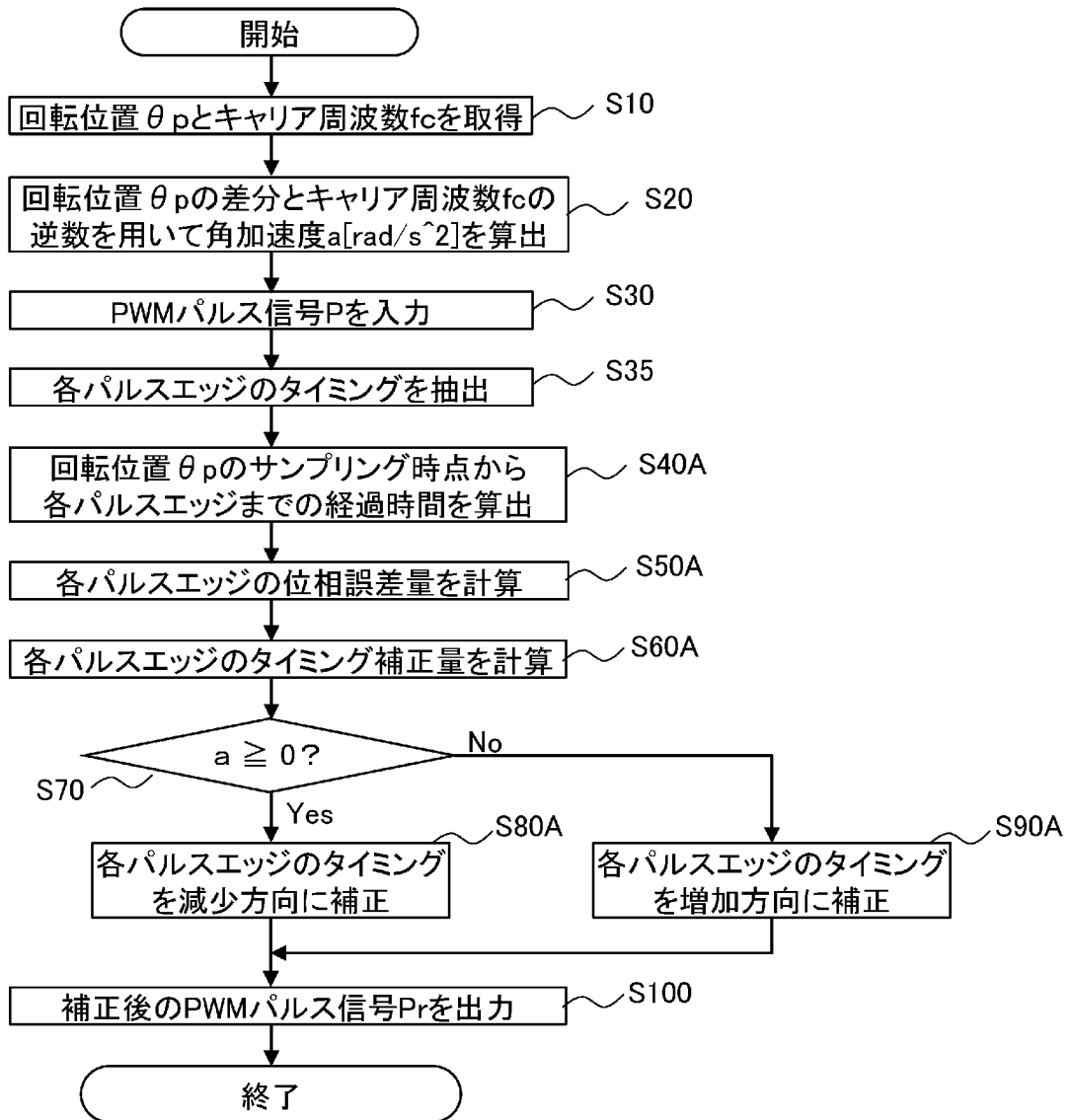
[図5]

図 5



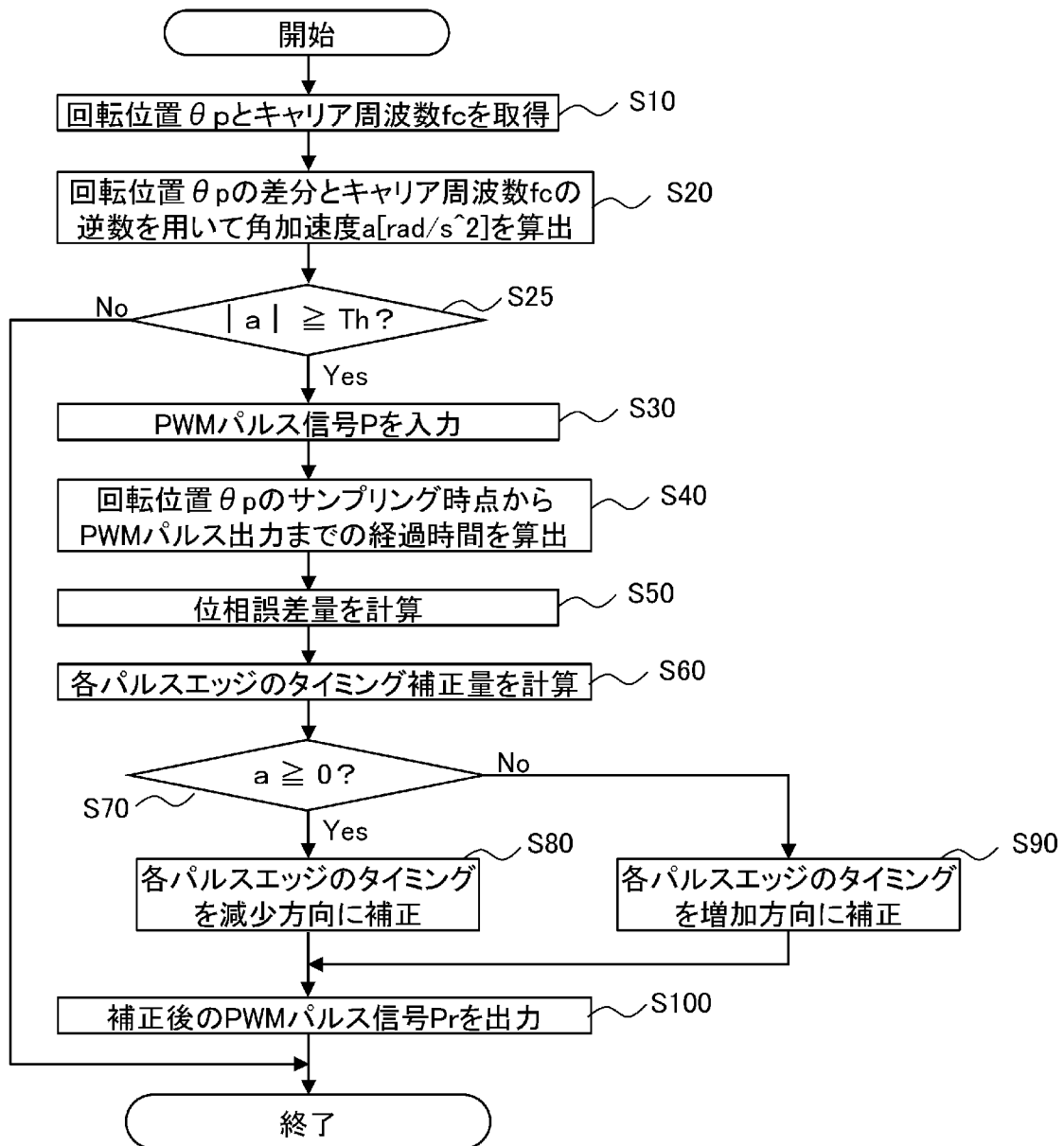
[図6]

図 6



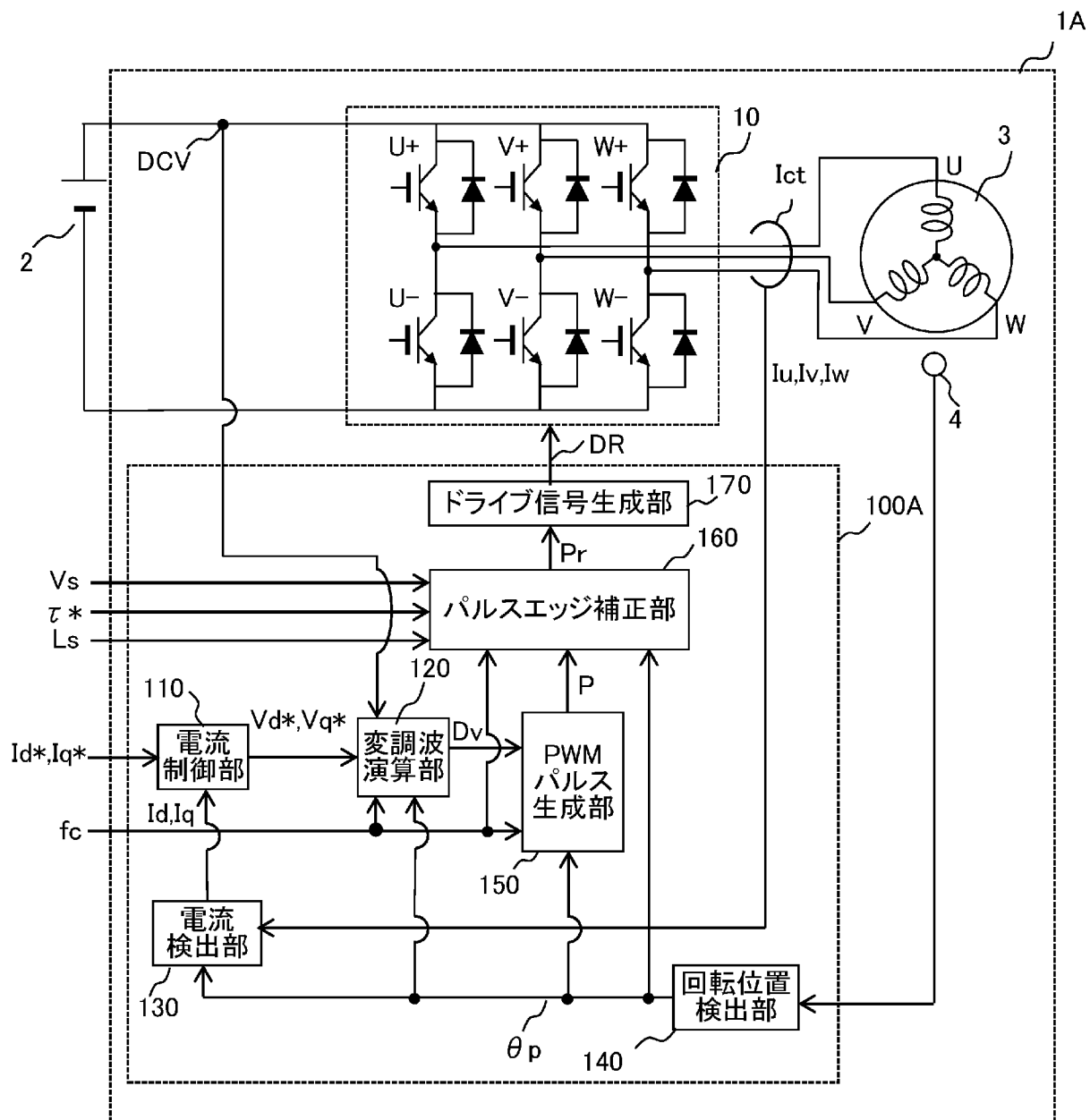
[図7]

図 7



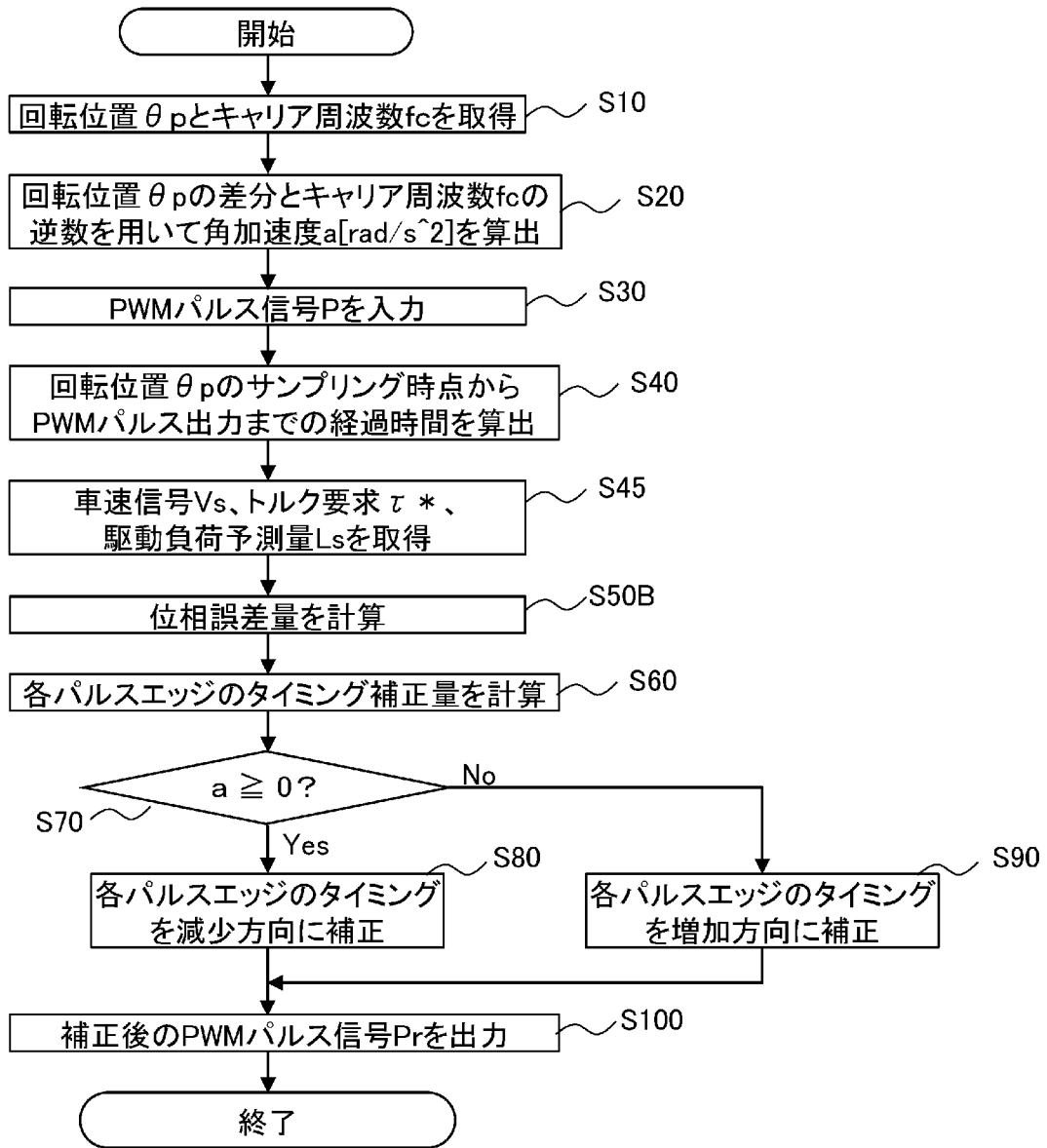
[図8]

図 8



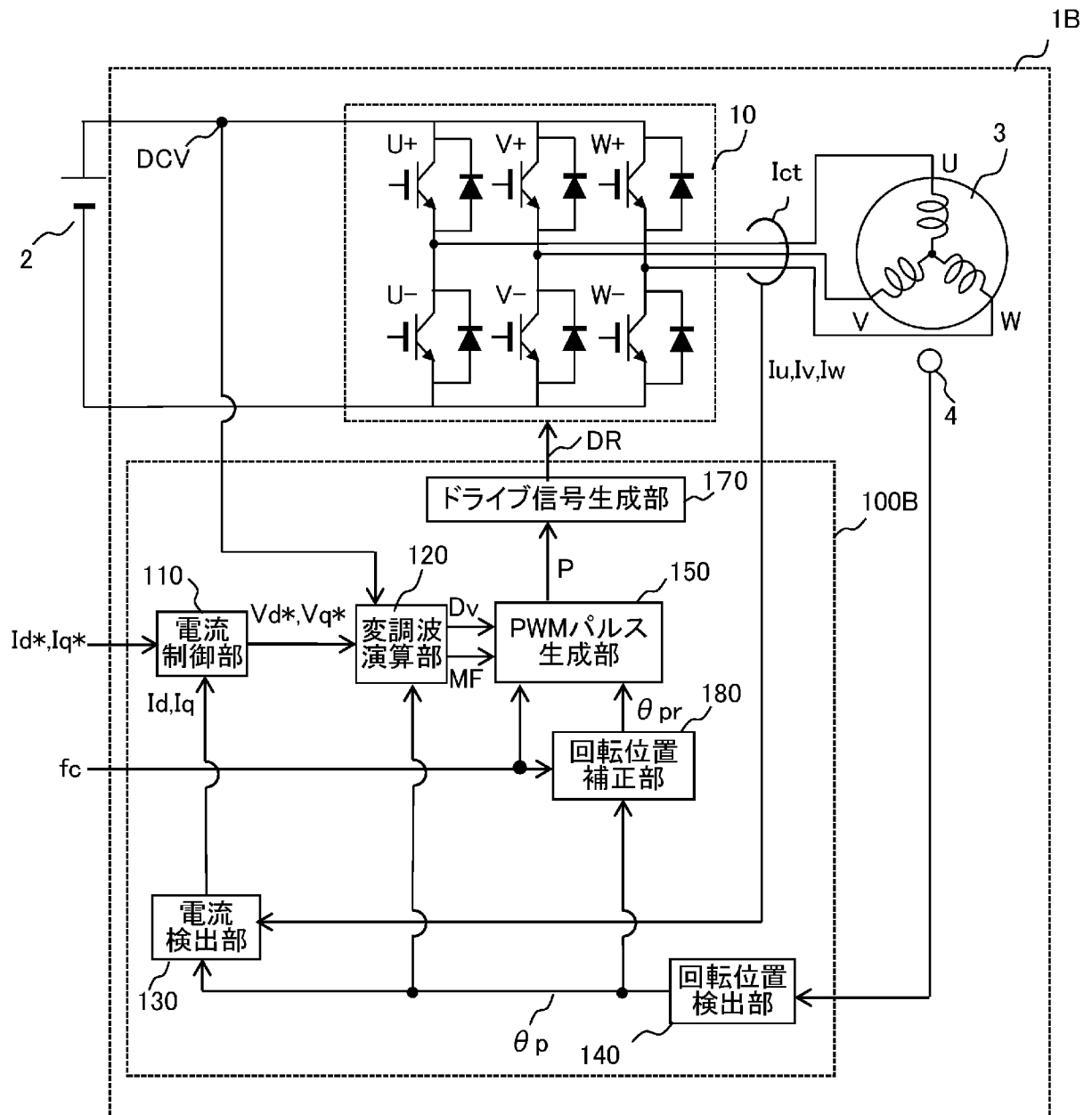
[図9]

図 9



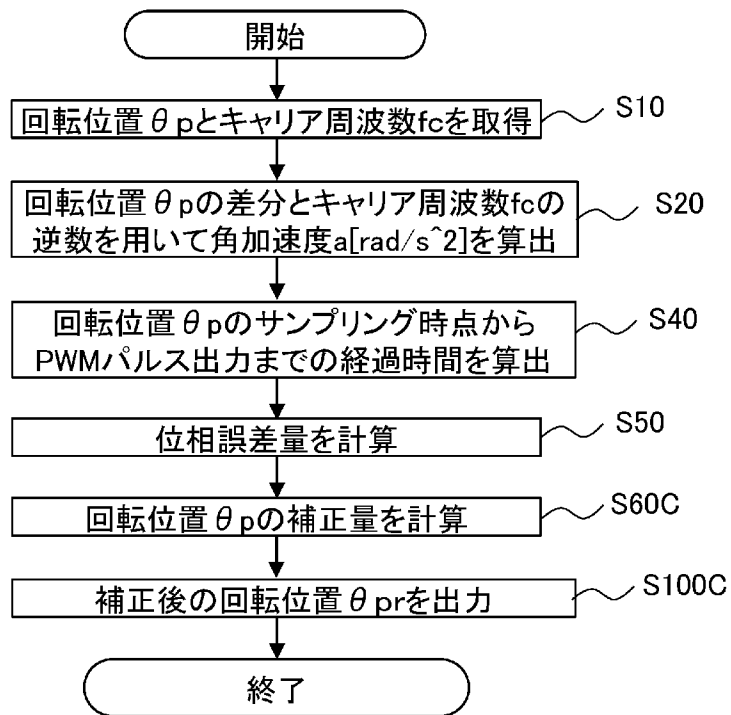
[図10]

図 10



[図11]

図 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/009262

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| H02M 7/48 (2007.01)i FI: H02M7/48 F | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02M7/48 | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 | | |
| 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 2021-52442 A (HITACHI ASTEMO LTD) 01 April 2021 (2021-04-01) entire text, all drawings | 1-7 |
| A | JP 2018-133935 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD) 23 August 2018 (2018-08-23) entire text, all drawings | 1-7 |
| A | JP 2015-19458 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD) 29 January 2015 (2015-01-29) entire text, all drawings | 1-7 |
| A | JP 2017-212783 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 30 November 2017 (2017-11-30) entire text, all drawings | 1-7 |
| A | JP 2018-82604 A (HONDA MOTOR CO LTD) 24 May 2018 (2018-05-24) entire text, all drawings | 1-7 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 17 May 2022 | | Date of mailing of the international search report 24 May 2022 |
| Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/009262

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | | | Publication date (day/month/year) |
|----------------------------------------|-------------|---|-----------------------------------|-------------------------|--------------|----|-----------------------------------|
| JP | 2021-52442 | A | 01 April 2021 | WO | 2021/053974 | A1 | |
| JP | 2018-133935 | A | 23 August 2018 | US | 2019/0363646 | A1 | |
| | | | | WO | 2018/150793 | A1 | |
| | | | | CN | 110291709 | A | |
| JP | 2015-19458 | A | 29 January 2015 | US | 2016/0211790 | A1 | |
| | | | | WO | 2015/004994 | A1 | |
| | | | | EP | 3021477 | A1 | |
| | | | | CN | 105392660 | A | |
| JP | 2017-212783 | A | 30 November 2017 | JP | 6211135 | B1 | |
| JP | 2018-82604 | A | 24 May 2018 | (Family: none) | | | |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/48(2007.01)i FI: H02M7/48 F | | |
| 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）） H02M7/48 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022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 2021-52442 A（日立Astemo株式会社）01.04.2021（2021 - 04 - 01） 全文、全図 | 1-7 |
| A | JP 2018-133935 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）23.08.2018（2018 - 08 - 23） 全文、全図 | 1-7 |
| A | JP 2015-19458 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）29.01.2015（2015 - 01 - 29） 全文、全図 | 1-7 |
| A | JP 2017-212783 A（三菱電機株式会社）30.11.2017（2017 - 11 - 30） 全文、全図 | 1-7 |
| A | JP 2018-82604 A（本田技研工業株式会社）24.05.2018（2018 - 05 - 24） 全文、全図 | 1-7 |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 17.05.2022 | 国際調査報告の発送日 24.05.2022 | |
| 名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） 栗栖 正和 5G 3987 電話番号 03-3581-1101 内線 3526 | |

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/009262

| 引用文献 | | | 公表日 | パテントファミリー文献 | | | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|-------------|--------------|----|-----|
| JP | 2021-52442 | A | 01.04.2021 | WO | 2021/053974 | A1 | |
| JP | 2018-133935 | A | 23.08.2018 | US | 2019/0363646 | A1 | |
| | | | | WO | 2018/150793 | A1 | |
| | | | | CN | 110291709 | A | |
| JP | 2015-19458 | A | 29.01.2015 | US | 2016/0211790 | A1 | |
| | | | | WO | 2015/004994 | A1 | |
| | | | | EP | 3021477 | A1 | |
| | | | | CN | 105392660 | A | |
| JP | 2017-212783 | A | 30.11.2017 | JP | 6211135 | B1 | |
| JP | 2018-82604 | A | 24.05.2018 | (ファミリーなし) | | | |