

(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
2025年1月30日(30.01.2025)

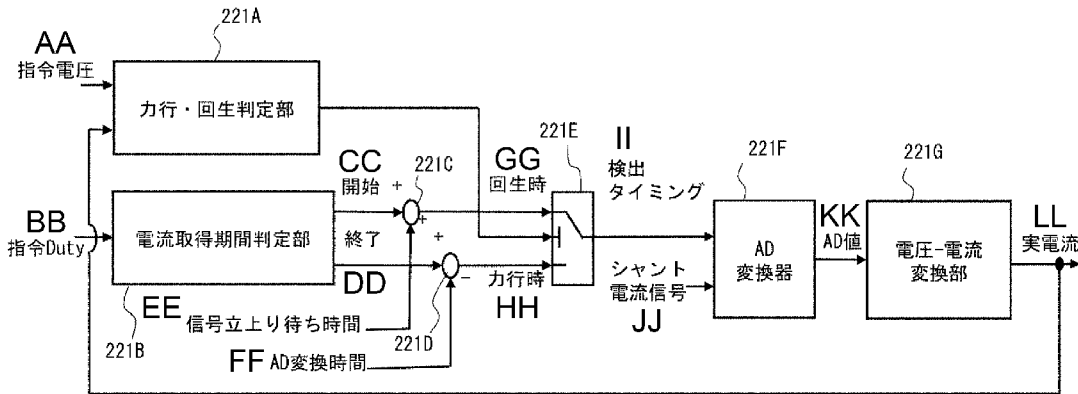


(10) 国際公開番号
WO 2025/023020 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 21/22 (2016.01) *H02P 27/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/024902
- (22) 国際出願日: 2024年7月10日(10.07.2024)
- (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 2023-120572 2023年7月25日(25.07.2023) 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2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 早乙女 博斗 (SAOTOME, Hiroto); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立 A s t e m o 株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 小川 護晃, 外(OGAWA, Moriaki et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂二丁目17番7号 赤坂溜池タワー11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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

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

(54) 発明の名称: モータ制御装置及びモータ制御方法



- | | |
|--|-------------------------------|
| 221A Power running/regeneration determination unit | EE Signal rising waiting time |
| 221B Current acquisition time determination unit | FF AD conversion time |
| 221F AD converter | GG Upon regeneration |
| 221G Voltage-current conversion unit | HH Upon power running |
| AA Command voltage | II Detection timing |
| BB Command Duty | JJ Shunt current signal |
| CC Start | KK AD value |
| DD End | LL Actual current |

(57) Abstract: In an aspect, a motor control device and a motor control method according to the present invention are characterized by being configured to drive a three-phase brushless motor with a 120-degree square wave on the basis of a phase current obtained from a detection signal of a current sensor at current detection timing within a current acquisition period, and switching the current detection timing in response to regenerative operation and power running operation of the three-phase brushless motor. Thus, the phase current to be detected can be detected in both the regenerative operation

WO 2025/023020 A1

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))
 - 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))
-

and the power running operation.

(57) 要約: 本発明に係るモータ制御装置及びモータ制御方法は、その一態様において、電流取得期間内の電流検出タイミングにおいて電流センサの検出信号から求めた相電流に基づき、3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動するよう構成され、前記電流検出タイミングを、前記3相ブラシレスモータの回生運転、力行運転に応じて切り替えることを特徴とする。これにより、回生運転と力行運転との双方で、検出したい相電流を検出できる。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置及びモータ制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータ制御装置及びモータ制御方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1のモータ制御用PWMインバータは、インバータ主回路の直流母線に電流センサを設けるとともに、相電流を前記電流センサの検出値とPWMパルス生成手段から出力されるPWMパルスとに基づいて演算する相電流演算部を有し、前記PWMパルス生成手段は、各相間のPWMパルスの立ち上がりまたは立ち下りのタイミング間隔を所定値以上として当該PWMパルスを出力する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2001-327173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、3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動する場合、回生運転と力行運転とでは相電流の動きが異なるため、回生運転であるか力行運転であるかに関わらずに一定の電流検出タイミングで相電流を検出すると、検出した相電流（詳細には、ピーク電流）を検出することができなくなる場合があった。

ここで、検出したい相電流を検出することができないために、実際の相電流が相電流の検出値よりも大きくなると、指令電流を上回る電流が流れる過電流状態になって、インバータ回路やモータの過熱を引き起こす可能性があった。

[0005] 本発明は、従来の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、3相ブラシレスモータの120度矩形波駆動において、回生運転と力行運転との双方で

検出したい相電流を検出できる、モータ制御装置及びモータ制御方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] そのため、本発明に係るモータ制御装置及びモータ制御方法は、その一態様において、電流取得期間内の電流検出タイミングを、3相ブラシレスモータの回生運転、力行運転に応じて切り替える。

発明の効果

[0007] 上記発明によると、3相ブラシレスモータの120度矩形波駆動において、回生運転と力行運転との双方で、検出したい相電流を検出できる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]車両用の内燃機関のシステム図である。
[図2]3相ブラシレスモータの制御システムを示す図である。
[図3]インバータの制御動作を示すタイムチャートである。
[図4]インバータ制御の4象限を示す図である。
[図5]力行運転での相電流の変化を示すタイムチャートである。
[図6]回生運転での相電流の変化を示すタイムチャートである。
[図7]電流取得部の詳細を示す機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に本発明の実施の形態を説明する。

図1は、本発明に係るモータ制御装置及びモータ制御方法を適用する3相ブラシレスモータを備えた車両用の内燃機関を示す図である。

内燃機関101は、吸気ダクト102に、内燃機関101の吸入空気流量QAを検出する吸入空気量センサ103を備える。

吸気バルブ105は、各気筒の燃焼室104の吸気口を開閉する。

[0010] 燃料噴射弁106は、各気筒の吸気ポート102a内に燃料を噴射する。

燃料噴射弁106が噴射した燃料は、吸気バルブ105を介して燃焼室104内に空気と共に吸引され、点火プラグ107による火花点火によって着火燃焼する。

そして、燃焼圧力がピストン108をクランクシャフト109に向けて押し下げ、クランクシャフト109を回転駆動する。

[0011] また、排気バルブ110は、燃焼室104の排気口を開閉し、排気バルブ110が開くことで燃焼室104内の排ガスが排気管111に排出される。

排気管111は、三元触媒などの触媒を内蔵する触媒コンバータ112を備える。

吸気バルブ105は、クランクシャフト109によって回転駆動される吸気カムシャフト115aの回転位置に応じて開閉動作する。

また、排気バルブ110は、クランクシャフト109によって回転駆動される排気カムシャフト115bの回転位置に応じて開閉動作する。

[0012] 電動式の可変バルブタイミング機構114（以下、VVT機構114と称する。）は、クランクシャフト109に対する吸気カムシャフト115aの回転位相を、3相ブラシレスモータ12の回転速度の制御によって変化させることで、機関バルブである吸気バルブ105のバルブタイミングを進角方向及び遅角方向に連続的に変化させる。

以下でVVT機構114の構造、作用の一態様を概説する。

VVT機構114は、位相変更機構を備え、位相変更機構は、タイミングスプロケット（図示省略）と吸気カムシャフト115aとの間に配置されて、タイミングスプロケットと吸気カムシャフト115aとの相対回転位相を変更する。

[0013] 前記位相変更機構は、3相ブラシレスモータ12と、3相ブラシレスモータ12の回転速度を減速して吸気カムシャフト115aに伝達する減速機構を備える。

そして、3相ブラシレスモータ12が正逆回転駆動されると、吸気カムシャフト115aに対し減速された回転力が伝達される。これによって、吸気

カムシャフト115aがタイミングスプロケットに対して正逆相対回転し、吸気カムシャフト115aとタイミングスプロケットとの相対回転位相が変換される。

[0014] また、点火モジュール116は、点火プラグ107に直付けされ、点火プラグ107に点火エネルギーを供給する。

点火モジュール116は、点火コイル及び点火コイルへの通電を制御するパワートランジスタを備える。

[0015] 内燃機関101の運転を制御する制御システムは、燃料噴射弁106による燃料噴射や点火プラグ107による点火などを制御するエンジン・コントロール・モジュール201（以下、ECM201と称する。）と、VVT機構114を制御するVVTコントローラ202とを有する。

なお、VVTコントローラ202は、VVT機構114の3相ブラシレスモータ12を制御するモータ制御装置に該当する。

[0016] ECM201及びVVTコントローラ202は電子制御装置であり、ECM201はマイクロコンピュータ201aを備え、VVTコントローラ202はマイクロコンピュータ202aを備える。

マイクロコンピュータ201a、202aは、プロセッサ、不揮発性メモリ、揮発性メモリなどを有する。

[0017] ECM201は、各種センサが出力する信号を取得し、不揮発性メモリに格納されたプログラムにしたがって演算処理を行うことで、燃料噴射弁106、点火モジュール116などの操作量を演算して出力する。

また、VVTコントローラ202は、ECM201が送信する信号や各種センサが出力する信号を取得し、不揮発性メモリに格納されたプログラムに従って演算処理を行うことで、VVT機構114、詳細には、3相ブラシレスモータ12の操作量を演算して出力する。

[0018] 上記の各種センサとして、内燃機関101は、前述した吸入空気量センサ103、クランクシャフト109の所定角度位置毎にクランク角信号POSを出力するクランク角センサ203、アクセルペダル207の踏込み量、換言すれ

ばアクセル開度ACCを検出するアクセル開度センサ206、吸気カムシャフト115aの所定角度位置毎にカム角信号CAMを出力するカム角センサ204、内燃機関101の冷却水の温度TWを検出する水温センサ208、触媒コンバータ112の上流の排気管111に設置され、排気中の酸素濃度に基づいて空燃比AFを検出する空燃比センサ209などを備える。

[0019] クランク角センサ203が出力するクランク角信号POSは、単位クランク角毎のパルス信号であって、気筒間の行程位相差に相当するクランク角毎に1個若しくは連続する複数個のパルスが欠落するように信号出力パターンを設定してある。

ここで、クランク角信号POSにおけるパルス信号の欠落位置は、基準クランク角位置として検出される。

[0020] また、カム角センサ204が出力するカム角信号CAMは、気筒間の行程位相差に相当するクランク角毎に出力される。

ECM201は、これら各種センサが出力する信号を取得し、更に、内燃機関101の運転及び停止のメインスイッチであるイグニッションスイッチ205のオンオフ信号を取得する。

[0021] また、VV機構114の3相ブラシレスモータ12は、U相コイル、V相コイル、W相コイルの3相コイルとロータとの位置関係を検出するためのモータ回転位置センサとして、ホールセンサ12u、12v、12wを備える。

そして、VVコントローラ202は、ホールセンサ12u、12v、12wが出力するモータ回転位置信号を取得する。

[0022] ECM201は、クランクシャフト109に対する吸気カムシャフト115aの回転位相の目標値である目標回転位相を、上記の各種センサの出力信号から求めた機関負荷や機関回転速度などの機関運転状態に基づいて演算し、また、実際の回転位相をクランク角信号POS及びカム角信号CAMに基づいて演算する。

そして、ECM201は、3相ブラシレスモータ12の目標回転速度を、実際の回転位相が目標回転位相に近づくように演算し、目標回転速度の信号

(換言すれば、回転速度指令信号)を、VVTCコントローラ202に送信する。

VVTCコントローラ202は、モータ電流の目標値を、3相ブラシレスモータ12の実際の回転速度と目標回転速度とに基づいて求め、3相ブラシレスモータ12に供給する交流電力を、実際のモータ電流と目標値とに基づいて制御する。

[0023] 図2は、VVTCコントローラ202が備える3相ブラシレスモータ12の駆動回路210、及び、VVTCコントローラ202のマイクロコンピュータ202aによる3相ブラシレスモータ12の制御機能を示す図である。

VVTCコントローラ202のマイクロコンピュータ202aは、3相ブラシレスモータ12の3相のうちで電圧を印加する2相を順次切り替える120度矩形波駆動で、3相ブラシレスモータ12を駆動する。

つまり、マイクロコンピュータ202aは、3相ブラシレスモータ12を120度矩形波駆動するモータ制御方法の各ステップを実行するコントロール部である。

[0024] 120度矩形波駆動では、たとえば、U相からV相に電流を流す第1パターン、U相からW相に電流を流す第2パターン、V相からW相に電流を流す第3パターン、V相からU相に電流を流す第4パターン、W相からU相に電流を流す第5パターン、W相からV相に電流を流す第6パターンが、電気角60度毎に切り替えられる。

係る通電パターンの切り替えにより、U相を例とすれば、第1パターン及び第2パターンの120度の間でU相に通電され、その後の第3パターンの60度の間ではU相は非通電となり、さらに第4パターン及び第5パターンの120度の間でU相に通電される。

なお、120度矩形波駆動は、120度通電、又は、単に矩形波駆動とも称される。

[0025] 3相ブラシレスモータ12は、円筒状の固定子と、永久磁石を備えたロータとを有する。

固定子は、スター結線されるU相、V相及びW相の3相コイルを備える。

ロータは、固定子の中央部に形成した空間に回転可能に設けられる。

ホールセンサ12u、12v、12wは、ロータの周囲に120度間隔で配置される。

そして、マイクロコンピュータ202aは、ホールセンサ12u、12v、12wのセンサ信号からロータの回転位置を求め、通電する2相の選択パターンをロータの回転位置に応じて電気角60度毎に切り替える。

[0026] 3相ブラシレスモータ12の駆動回路210は、3相ブラシレスモータ12に交流電力を供給するインバータ211と、インバータ211用の直流電源212と、インバータ駆動回路213とを備える。

インバータ211は、FETなどの半導体スイッチング素子211a-211fを3相ブリッジ接続してなる。

[0027] インバータ211の半導体スイッチング素子211a-211fの各ゲート端子は、インバータ駆動回路213の出力ポートに接続される。

そして、インバータ駆動回路213が半導体スイッチング素子211a-211fの各ゲート端子に出力するゲート制御信号によって、半導体スイッチング素子211a-211fのオンオフが切り替えられる。

[0028] インバータ211とグラウンドGNDとの間の直流母線には、モータ電流を検出するためのシャント抵抗214Aが配されている。

シャント抵抗214Aと、シャント抵抗214Aによる電圧降下を増幅するオペアンプ214Bとで、モータ電流を検出する電流センサ214が構成される。

ここで、オペアンプ214Bが出力するシャント電流信号、つまり、相電流の検出信号は、シャント抵抗214Aの両端に発生する電位差[V]のアナログ信号である。

[0029] VVTコントローラ202のマイクロコンピュータ202aは、電流センサ214が出力するシャント電流信号、及び、ECM201が出力する

目標回転速度の信号を取得し、インバータ駆動回路213にPWM (Pulse Width Modulation) 信号を出力する。

以下では、マイクロコンピュータ202aが備える、シャント電流信号及び目標回転速度からPWM信号を生成する機能部を説明する。

[0030] 電流取得部221は、電流センサ214からアナログ電圧信号であるシャント電流信号を取得し、電流取得期間内の所定の電流検出タイミング（換言すれば、電流サンプリングタイミング）でサンプリングしたシャント電流信号を、実相電流の信号として出力する。

ここで、電流取得部221によるシャント電流信号のサンプリング処理が実施される、電流取得期間（換言すれば、サンプリング区間または電流検出区間）を説明する。

[0031] 図3は、120度矩形波駆動における半導体スイッチング素子211a-211fのPWM制御を例示する。

ここで、マイクロコンピュータ202aは、120度矩形波駆動において、インバータ211の上アームの半導体スイッチング素子をオン固定し、下アームの半導体スイッチング素子のオンオフをPWM制御する、下アームチョッパ制御を採用する。

[0032] マイクロコンピュータ202aは、たとえば、直流電源212からV相を経てW相に電流を流す場合、V相の上アームである半導体スイッチング素子211cをオンに固定し、W相の下アームである半導体スイッチング素子211fのオンオフを指令電圧に基づきPWM制御する。

このとき、半導体スイッチング素子211cがオンすることで、V相の端子電圧は電源電位になる。一方、半導体スイッチング素子211fがオンすることで、W相の端子電圧はグランド電位になる。

このため、V相とW相との間に電位差が生じ、V相からW相に電流が流れる。

[0033] したがって、PWM制御される下アームの半導体スイッチング素子のオン期間において、シャント抵抗214Aに相電流が現れる。

そこで、マイクロコンピュータ202aは、シャント抵抗214Aに相電流が現れるタイミングである下アームの半導体スイッチング素子のオン期間において、シャント抵抗214Aに流れる電流をサンプリングして、通電相の電流値、つまり、実相電流を検知する。

つまり、下アームチョッパ制御が採用される場合、下アームの半導体スイッチング素子のオン期間が電流取得期間となる。

[0034] なお、マイクロコンピュータ202aは、半導体スイッチング素子211a-211fのPWM制御として、下アームの半導体スイッチング素子をオン固定し、上アームの半導体スイッチング素子のオンオフをPWM制御する、上アームチョッパ制御を採用することができる。

また、マイクロコンピュータ202aは、120度矩形波駆動において、相補PWM（換言すれば、上下相補スイッチング）を実施することができる。

相補PWMとは、下アームの半導体スイッチング素子と上アームの半導体スイッチング素子とを相互に逆位相でオンオフさせるスイッチング制御である。

[0035] 電流取得部221が電流取得期間でのサンプリング処理で求めた実相電流の信号は、電流制御部222に取得される。

また、電流制御部222は、実相電流を目標相電流に近づけるように指令電圧を設定する。

回転速度制御部223は、ECM201が出力する目標回転速度の信号、及び、実回転速度の信号を取得し、実回転速度を目標回転速度に近づけるように目標電流を設定する。

そして、回転速度制御部223は、目標電流の信号を電流制御部222に出力する。

[0036] 回転速度演算部224は、ホールセンサ12u, 12v, 12wそれぞれが出力するモータ回転位置信号を取得し、モータ回転位置信号に基づき3相ブラシレスモータ12の実回転速度を求める。

そして、回転速度演算部 224 は、3相ブラシレスモータ 12 の実回転速度の信号を、回転速度制御部 223 に出力する。

[0037] 指令電圧・デューティ変換部 225 は、電流制御部 222 から指令電圧の信号を取得し、また、直流電源 212 の電圧、つまり、電源電圧の信号を取得する。

そして、指令電圧・デューティ変換部 225 は、指令電圧及び電源電圧から、指令電圧を 3相ブラシレスモータ 12 に印加するための指令デューティ比を求める。

通電相決定部 226 は、ホールセンサ 12u, 12v, 12w が出力するモータ回転位置信号を取得し、各モータ回転位置信号を組み合わせることで、通電相の切り替え情報（換言すれば、通電モードの指令情報）を 60度回転毎に作成して出力する。

[0038] PWM信号生成部 227 は、指令電圧・デューティ変換部 225 から指令デューティ比の信号を取得し、通電相決定部 226 から通電相の切り替え情報を取得する。

そして、PWM信号生成部 227 は、指令デューティ比の信号及び通電相の切り替え情報に基づき、インバータ 211 の半導体スイッチング素子 211a - 211f それぞれについての PWM信号を生成する。

インバータ駆動回路 213 は、PWM信号生成部 227 が生成した PWM信号を取得し、PWM信号に基づいてインバータ 211 の半導体スイッチング素子 211a - 211f それぞれのゲート信号（換言すれば、オンオフ制御信号）を生成して出力する。

[0039] ところで、マイクロコンピュータ 202a は、3相ブラシレスモータ 12 の力行（換言すれば、駆動）、回生（換言すれば、制動）の各動作を正回転、逆回転の両方で行わせる 4象限運転を実施することで、バルブタイミングの高応答制御を可能とする。

そして、電流取得部 2 2 1 は、電流取得期間内での電流検出タイミングを、3相ブラシレスモータ 1 2 が力行運転されているときと、3相ブラシレスモータ 1 2 が回生運転されているときとで切り替える機能を有する。

[0040] 図 4 は、4 象限運転の各運転モードと、モータ回転速度、及び、モータ電流（換言すれば、モータトルク）との相関を示す。

第 1 象限は、正回転かつ力行運転のモード、第 2 象限は、正回転かつ回生運転のモード、第 3 象限は、逆回転かつ力行運転のモード、第 4 象限は、逆回転かつ回生運転のモードである。

[0041] ここで、力行運転とは、直流電源 2 1 2 から 3 相ブラシレスモータ 1 2 に電流が流れるモード、回生運転は、3相ブラシレスモータ 1 2 から直流電源 2 1 2 に電力を返還するモードであり、電力が正であれば力行運転、負であれば回生運転となる。

つまり、電流取得部 2 2 1 は、力行運転であるか回生運転であるかを、モータ電圧の向き及びモータ電流の向きに基づいて判別して、電流取得期間内での電流検出タイミングを切り替えることができる。

[0042] 次に、電流取得部 2 2 1 が力行運転と回生運転とで電流検出タイミングを切り替える理由を説明する。

図 5 のタイムチャートは、3相ブラシレスモータ 1 2 の運転モードが力行運転であるときの実相電流、つまり、シャント抵抗 2 1 4 A に流れる電流の変化を例示する。

3相ブラシレスモータ 1 2 の運転モードが力行運転であるとき、実相電流は、電流取得期間内で単調増加する。

したがって、電流取得部 2 2 1 は、力行運転であるときに、電流取得期間の終了タイミングを基準に電流検出タイミングを設定することで、相電流のピーク値であるピーク電流を取得することができる。

[0043] 一方、図 6 のタイムチャートは、3相ブラシレスモータ 1 2 の運転モードが回生運転であるときの実相電流、つまり、シャント抵抗 2 1 4 A に流れる電流の変化を例示する。

3相ブラシレスモータ12の運転モードが回生運転であるとき、実相電流は、電流取得期間内で単調減少する。

したがって、電流取得部221は、回生運転であるときに、力行運転のときと同様に、電流取得期間の終了タイミングを基準に電流検出タイミングを設定すると、ピーク電流を取得することができず、ピーク電流よりも低い相電流を検出することになる。

[0044] そして、電流取得部221が、回生運転であるときに、ピーク電流よりも低い電流を取得し、係る相電流に基づきインバータ211が駆動制御されると、指令電流を上回る電流が流れる過電流状態になって、インバータ211や3相ブラシレスモータ12の過熱を引き起こす可能性がある。

そこで、電流取得部221は、力行運転と回生運転とで電流検出タイミングを切り替えることで、力行運転と回生運転との双方でピーク電流を取得できるようにし、インバータ211や3相ブラシレスモータ12が過熱状態となることを抑止する。

[0045] つまり、電流取得部221は、電流取得期間で実相電流が単調増加する力行運転のときは、電流取得期間の終了タイミングを基準にシャント電流信号をサンプリングすることで、ピーク電流を取得する。

また、電流取得部221は、電流取得期間で実相電流が単調減少する回生運転のときは、電流取得期間の開始タイミングを基準にシャント電流信号をサンプリングすることで、ピーク電流を取得する。

これにより、電流取得部221は、力行運転及び回生運転の双方でピーク電流を取得することができ、指令電流を上回る電流が流れる過電流状態になることを抑止できる。

[0046] 以下では、電流取得部221が、力行運転と回生運転とで電流検出タイミングを切り替える機能を詳細に説明する。

図7は、電流取得部221の機能ブロック図である。

力行・回生判定部 2 2 1 A は、電流制御部 2 2 2 から指令電圧の信号を取得し、さらに、電流取得期間でのサンプリング結果である実相電流の信号を取得する。

[0047] そして、力行・回生判定部 2 2 1 A は、指令電圧（換言すれば、モータ電圧）の向き及び実相電流（換言すれば、モータ電流）の向きに基づいて回生運転と力行運転とを判別し、回生運転と力行運転とのいずれであるかを示す信号、つまり、運転モード信号、或いは、力行回生判別信号を出力する。

ここで、電圧の向き及び電流の向きが正負の符号で表される場合、力行・回生判定部 2 2 1 A は、電力（電力＝電流×電圧）の正負で、回生運転と力行運転とを判別することができる。

[0048] なお、実相電流の振れが大きいと、力行・回生判定部 2 2 1 A において力行運転の判定と回生運転の判定とが繰り返されるハンチングが発生し、これにより電流検出タイミングがハンチングすることで、モータ電流の変動を助長する可能性がある。

そこで、力行・回生判定部 2 2 1 A は、実相電流に代えて目標相電流に基づいて力行運転、回生運転の判別を行なうことで、ハンチングの発生を抑止することができる。

また、力行・回生判定部 2 2 1 A は、符号判定処理において実相電流と比較する閾値にヒステリシスを持たせることで、電流検出タイミングの切り替え判定がヒステリシスを有するよう構成し、ハンチングの発生を抑止することができる。

また、力行・回生判定部 2 2 1 A は、力行運転または回生運転の判定が所定回数連続してから、力行運転と回生運転との間での遷移を確定することで、ハンチングの発生を抑止することができる。

[0049] 電流取得期間判定部 2 2 1 B は、指令電圧・デューティ変換部 2 2 5 から指令デューティ比の信号を取得し、電流取得期間の開始タイミング及び終了タイミングの信号を出力する。

ここで、PWM制御が下アームチョッパ制御の場合、下アームの半導体スイッチング素子のオン期間が電流取得期間となる。

そして、下アームの半導体スイッチング素子がオフからオンに切り替わるタイミングが電流取得期間の開始タイミングで、下アームの半導体スイッチング素子がオンからオフに切り替わるタイミングが電流取得期間の終了タイミングとなる。

[0050] 加算部221Cは、電流取得期間判定部221Bが出力する電流取得期間の開始タイミングの時刻に、シャント電流信号の立ち上がりに必要な所定時間を加算し、回生運転での電流検出タイミングとして出力する。

つまり、回生運転での電流検出タイミングは、電流取得期間の開始タイミングを基準として設定され、電流取得期間の開始タイミングから、シャント電流信号の立ち上がりに必要な所定時間（第1設定時間）が経過した時点となる。

ここで、シャント電流信号の立ち上がりに必要な所定時間は、許容される電流の検出誤差と、シャント電流信号の応答速度（換言すれば、時定数）とから定められる。

[0051] また、減算部221Dは、電流取得期間判定部221Bが出力する電流取得期間の終了タイミングの時刻から、シャント電流信号のアナログ-デジタル変換（AD変換）に必要な所定時間を減算し、力行運転での電流検出タイミングとして出力する。

つまり、力行運転での電流検出タイミングは、電流取得期間の終了タイミングを基準として設定され、電流取得期間の終了タイミングから、シャント電流信号のAD変換に必要な所定時間（第2設定時間）だけ遡った時点となる。

このように、電流取得部221は、力行運転での電流検出タイミングを、回生運転での電流検出タイミングよりも遅いタイミングに設定する。

[0052] 回生運転のときは、実相電流が電流取得期間内で単調減少するから、電流検出タイミングを、電流取得期間の開始タイミングを基準として設定することで、ピーク電流の検出が可能となる。

一方、力行運転のときは、実相電流が電流取得期間内で単調増加するから、電流検出タイミングを、電流取得期間の終了タイミングを基準として設定することで、ピーク電流の検出が可能となる。

[0053] 電流検出タイミング切替部 221E は、加算部 221C が出力する回生運転での電流検出タイミングと、減算部 221D が出力する力行運転での電流検出タイミングとを取得し、さらに、力行・回生判定部 221A が出力する力行運転、回生運転の判定信号を取得する。

そして、電流検出タイミング切替部 221E は、力行・回生判定部 221A が 3 相ブラシレスモータ 12 の回生運転を判定しているときは、加算部 221C が求めた回生運転での電流検出タイミングを出力する。

一方、電流検出タイミング切替部 221E は、力行・回生判定部 221A が 3 相ブラシレスモータ 12 の力行運転を判定しているときは、減算部 221D が求めた力行運転での電流検出タイミングを出力する。

[0054] つまり、電流検出タイミング切替部 221E は、3 相ブラシレスモータ 12 が回生運転されるときは、電流取得期間の開始タイミングを基準とする電流検出タイミングを選択し、3 相ブラシレスモータ 12 が力行運転されるときは、電流取得期間の終了タイミングを基準とする電流検出タイミングを選択する。

したがって、3 相ブラシレスモータ 12 が回生運転から力行運転に切り替えられると、電流検出タイミングは電流取得期間内のより遅いタイミングに変更され、逆に、3 相ブラシレスモータ 12 が力行運転から回生運転に切り替えられると、電流検出タイミングは電流取得期間内のより早いタイミングに変更される。

[0055] AD変換器 221F は、電流検出タイミング切替部 221E が出力する電流検出タイミング、及び、電流センサ 214 が出力するシャント電流信号（アナログの電圧信号）を取得する。

そして、AD変換器 221F は、電流検出タイミングにおいてアナログの電圧信号であるシャント電流信号をアナログ-デジタル変換（AD変換）し、AD変換で得たデジタルの電圧信号を出力する。

つまり、AD変換器221Fは、電流検出タイミングにおいて電流センサ214の出力をサンプリングする。

[0056] 電圧-電流変換部221Gは、シャント抵抗214Aの抵抗値やオペアンプ214Bの利得に応じた変換特性に基づき、AD変換器221Fから取得したデジタルの電圧信号を、デジタルの電流信号、つまり、実相電流のデジタル信号に変換する。

そして、電圧-電流変換部221Gは、変換処理で得た実相電流のデジタル信号を、電流制御部222に出力する。

[0057] 以上のように、電流取得部221は、3相ブラシレスモータ12の回生運転と力行運転とで電流検出タイミングを切り替え、電流検出タイミングのときにシャント電流信号をサンプリングする。

これにより、マイクロコンピュータ202aは、回生運転と力行運転との双方で、検出したい相電流であるピーク電流を検出できる。

したがって、マイクロコンピュータ202aは、回生運転であるときにピーク電流よりも低い相電流を取得してインバータ211を制御することで過電流状態になり、インバータ211や3相ブラシレスモータ12の過熱を引き起こすことを抑止できる。

[0058] 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。

[0059] たとえば、上記実施形態の3相ブラシレスモータ12は、モータ位置を検出する回転位置センサとしてのホールセンサ12u, 12v, 12wを備えるが、回転位置センサを備えないセンサレスの3相ブラシレスモータについても、本願発明に係るモータ制御装置及びモータ制御方法を適用できる。

センサレスの120度通電においては、たとえば、通電していない相に表れる誘起電圧のゼロクロス点を検出することで、モータ回転位置が検知される。

[0060] また、相電流を検出する電流センサは、インバータ211の直流母線に配したシャント抵抗を用いる1つのセンサに限定されず、各相の電流を個別に検出するU相電流センサ、V相電流センサ、W相電流センサを備えることができる。

ここで、U相電流センサは、インバータ211のU相中点とU相コイルとの間に配され、V相電流センサは、インバータ211のV相中点とV相コイルとの間に配され、W相電流センサは、インバータ211のW相中点とW相コイルとの間に配される。

[0061] また、電流取得部221は、電流取得期間の終了タイミングを基準とする電流検出タイミングでサンプリングした実相電流と、電流取得期間の開始タイミングを基準とする電流検出タイミングでサンプリングした実相電流とのうちのいずれか一方を、回生運転、力行運転の判別結果に基づいて選択することができる。

また、マイクロコンピュータ202a（力行・回生判定部221A）は、モータ回転速度とモータトルクとに基づき、回生運転、力行運転の判別を実施することができる。

また、3相ブラシレスモータ12は、VV T機構114のアクチュエータとして用いられるモータに限定されず、本発明に係るモータ制御装置及びモータ制御方法は、120度矩形波駆動によって回生運転及び力行運転される3相ブラシレスモータに適用できる。

符号の説明

[0062] 12…3相ブラシレスモータ、202…VV Tコントローラ（モータ制御装置）、202a…マイクロコンピュータ（コントロール部）、211…インバータ、213…インバータ駆動回路、214…電流センサ、214A…シャ

ント抵抗、 2 2 1 …電流取得部、 2 2 1 A …力行・回生判定部、 2 2 1 B …電
流取得期間判定部、 2 2 1 E …電流検出タイミング切替部

請求の範囲

- [請求項1] 3相ブラシレスモータの通電相に流れる電流を検出する電流センサの検出信号を取得し、電流取得期間内の電流検出タイミングにおいて前記検出信号から求めた相電流に基づき、前記3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動するよう構成されたモータ制御装置であって、
- 前記電流検出タイミングを、前記3相ブラシレスモータの回生運転、力行運転に応じて切り替える、
- 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であって、
- 回生運転、力行運転を、モータ電圧の向き及びモータ電流の向きに基づいて判別する、
- モータ制御装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のモータ制御装置であって、
- 前記電流検出タイミングを、
- 回生運転では、前記電流取得期間の開始タイミングを基準に設定し、
- 力行運転では、前記電流取得期間の終了タイミングを基準に設定する、
- モータ制御装置。
- [請求項4] 請求項3に記載のモータ制御装置であって、
- 前記電流検出タイミングを、
- 回生運転では、前記電流取得期間の開始タイミングから第1設定時間が経過したタイミングに設定し、
- 力行運転では、前記電流取得期間の終了タイミングから第2設定時間だけ遡ったタイミングに設定する、
- モータ制御装置。
- [請求項5] 請求項1に記載のモータ制御装置であって、

力行運転での前記電流検出タイミングを、回生運転での前記電流検出タイミングよりも遅いタイミングに設定する、
モータ制御装置。

[請求項6] 請求項1に記載のモータ制御装置であって、
前記電流検出タイミングの切り替え判定はヒステリシスを有する、
モータ制御装置。

[請求項7] コントロール部が実行するモータ制御方法であって、
3相ブラシレスモータの通電相に流れる電流を検出する電流センサの検出信号を取得するステップと、
電流取得期間内の電流検出タイミングにおいて前記検出信号から相電流を求めるステップと、
相電流に基づき前記3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動するステップと、
を含み、
前記相電流を求めるステップは、
前記電流検出タイミングを、前記3相ブラシレスモータの回生運転、力行運転に応じて切り替えるステップを含む、
モータ制御方法。

[請求項8] 請求項7に記載のモータ制御方法であって、
前記電流検出タイミングを切り替えるステップは、
回生運転、力行運転を、モータ電圧の向き及びモータ電流の向きに基づいて判別するステップを含む、
モータ制御方法。

[請求項9] 請求項7に記載のモータ制御方法であって、
前記電流検出タイミングを切り替えるステップは、
前記電流検出タイミングを、

回生運転では、前記電流取得期間の開始タイミングを基準に設定し、

力行運転では、前記電流取得期間の終了タイミングを基準に設定する、

モータ制御方法。

[請求項10]

請求項7に記載のモータ制御方法であって、
前記電流検出タイミングを切り替えるステップは、
力行運転での前記電流検出タイミングを、回生運転での前記電流検出タイミングよりも遅いタイミングに設定する、
モータ制御方法。

補正された請求の範囲（条約第19条）**2024年11月22日（ 22.11.2024 ） 国際事務局受理**

- [請求項1] [補正後] 3相ブラシレスモータの通電相に流れる電流を、シャント抵抗を用いて検出する電流センサの検出信号を取得し、電流取得期間内の電流検出タイミングにおいて前記検出信号から求めた相電流に基づき、前記3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動するよう構成されたモータ制御装置であって、
- 前記3相ブラシレスモータの回生運転では、前記電流取得期間の開始タイミングからシャント電流信号の立ち上がりに必要な第1設定時間が経過した時点の前記電流検出タイミングに設定し、
- 前記3相ブラシレスモータの力行運転では、前記電流取得期間の終了タイミングからシャント電流信号のAD変換に必要な第2設定時間だけ遡った時点の前記電流検出タイミングに設定する、
- 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であって、
- 回生運転、力行運転を、モータ電圧の向き及びモータ電流の向きに基づいて判別する、
- モータ制御装置。
- [請求項3] [削除]
- [請求項4] [削除]
- [請求項5] [削除]
- [請求項6] [削除]
- [請求項7] [補正後] コントロール部が実行するモータ制御方法であって、
- 3相ブラシレスモータの通電相に流れる電流を、シャント抵抗を用いて検出する電流センサの検出信号を取得するステップと、
- 電流取得期間内の電流検出タイミングにおいて前記検出信号から相電流を求めるステップと、

相電流に基づき前記3相ブラシレスモータを120度矩形波駆動するステップと、

を含み、

前記相電流を求めるステップは、

前記3相ブラシレスモータの回生運転では、前記電流取得期間の開始タイミングからシャント電流信号の立ち上がりに必要な第1設定時間が経過した時点の前記電流検出タイミングに設定するステップと、

前記3相ブラシレスモータの力行運転では、前記電流取得期間の終了タイミングからシャント電流信号のAD変換に必要な第2設定時間だけ遡った時点の前記電流検出タイミングに設定するステップと、

を含む、

モータ制御方法。

[請求項8]

請求項7に記載のモータ制御方法であって、

前記電流検出タイミングを切り替えるステップは、

回生運転、力行運転を、モータ電圧の向き及びモータ電流の向きに基づいて判別するステップを含む、

モータ制御方法。

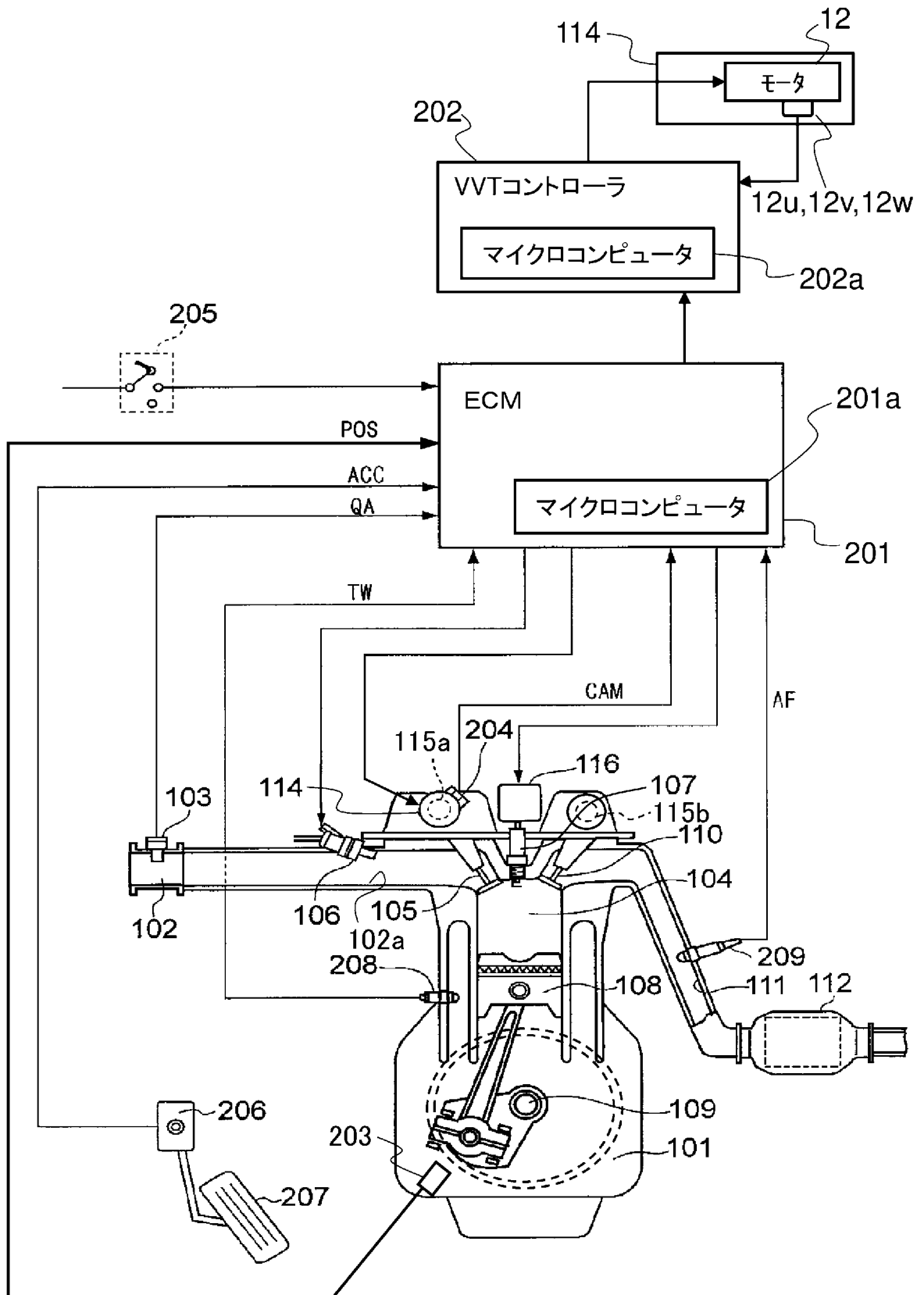
[請求項9]

[削除]

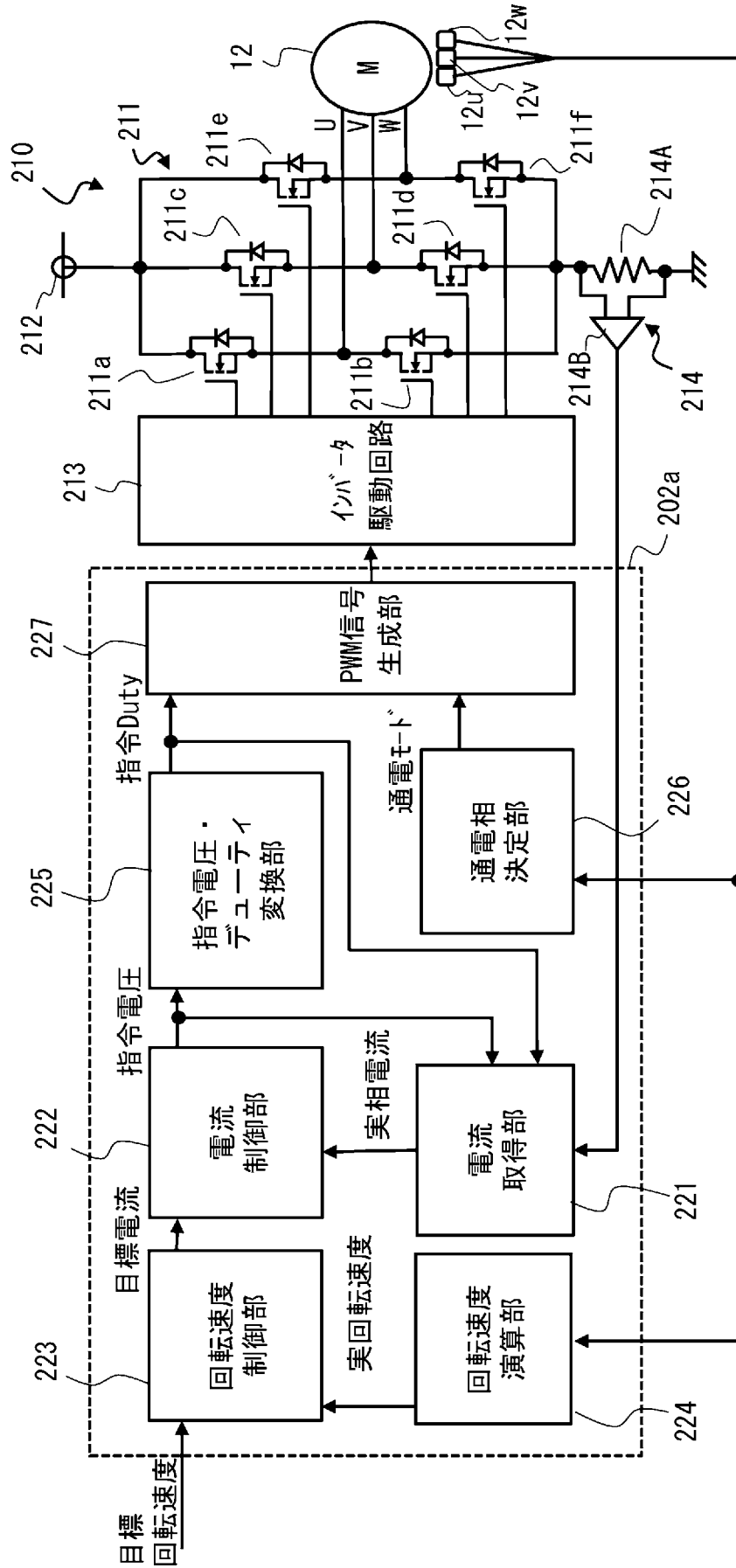
[請求項10]

[削除]

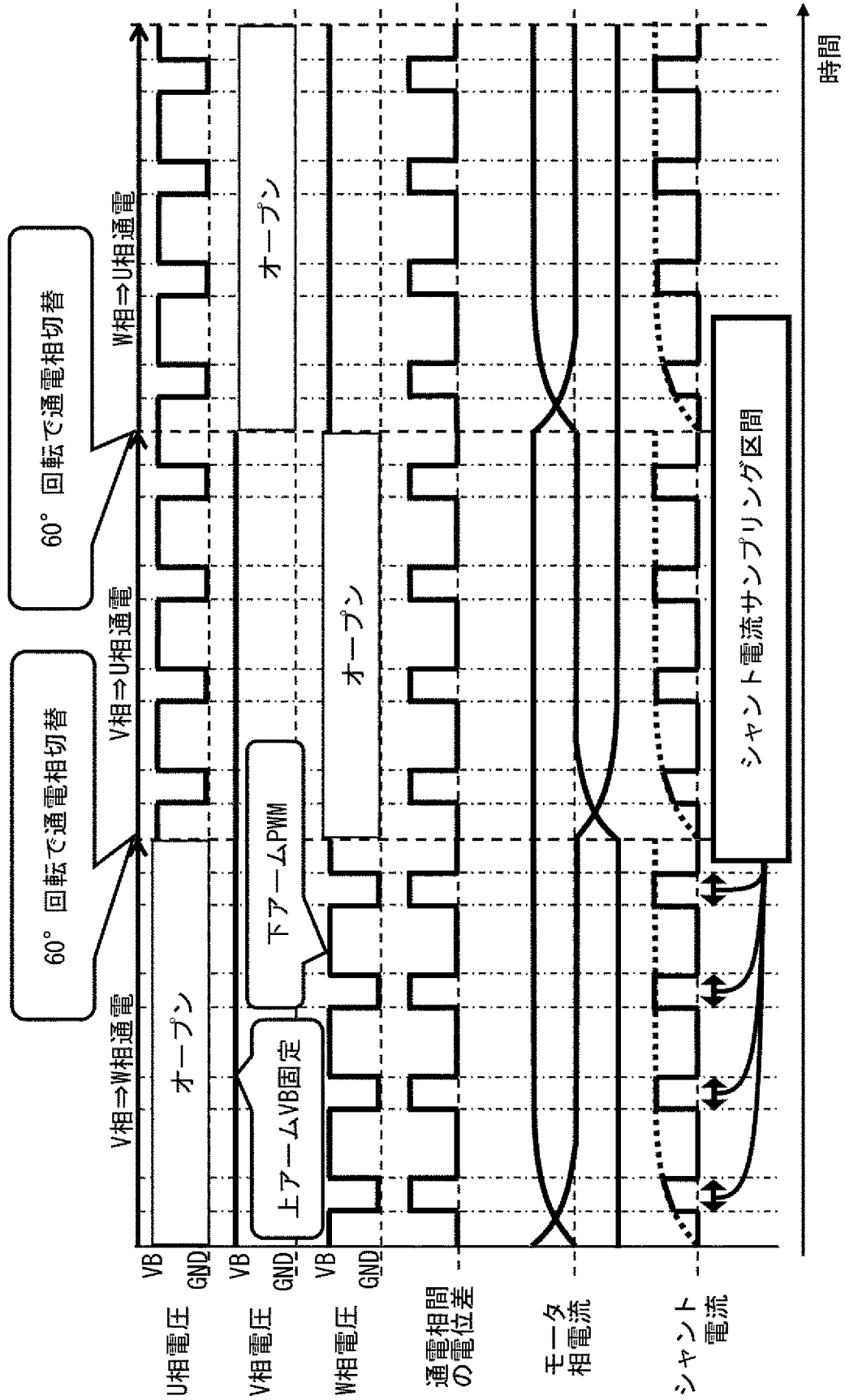
[図 1]



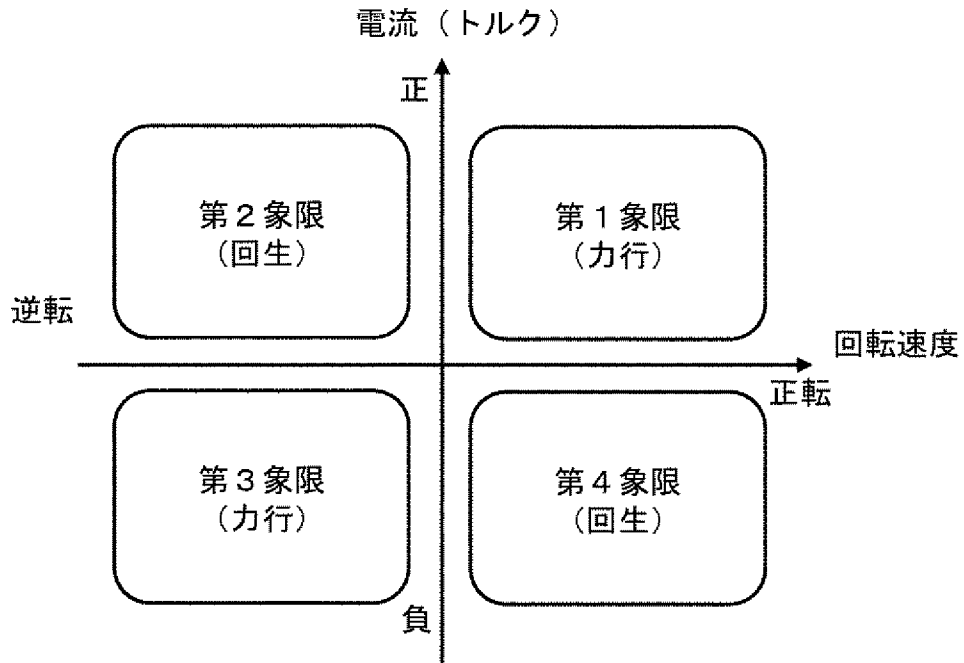
[図 2]



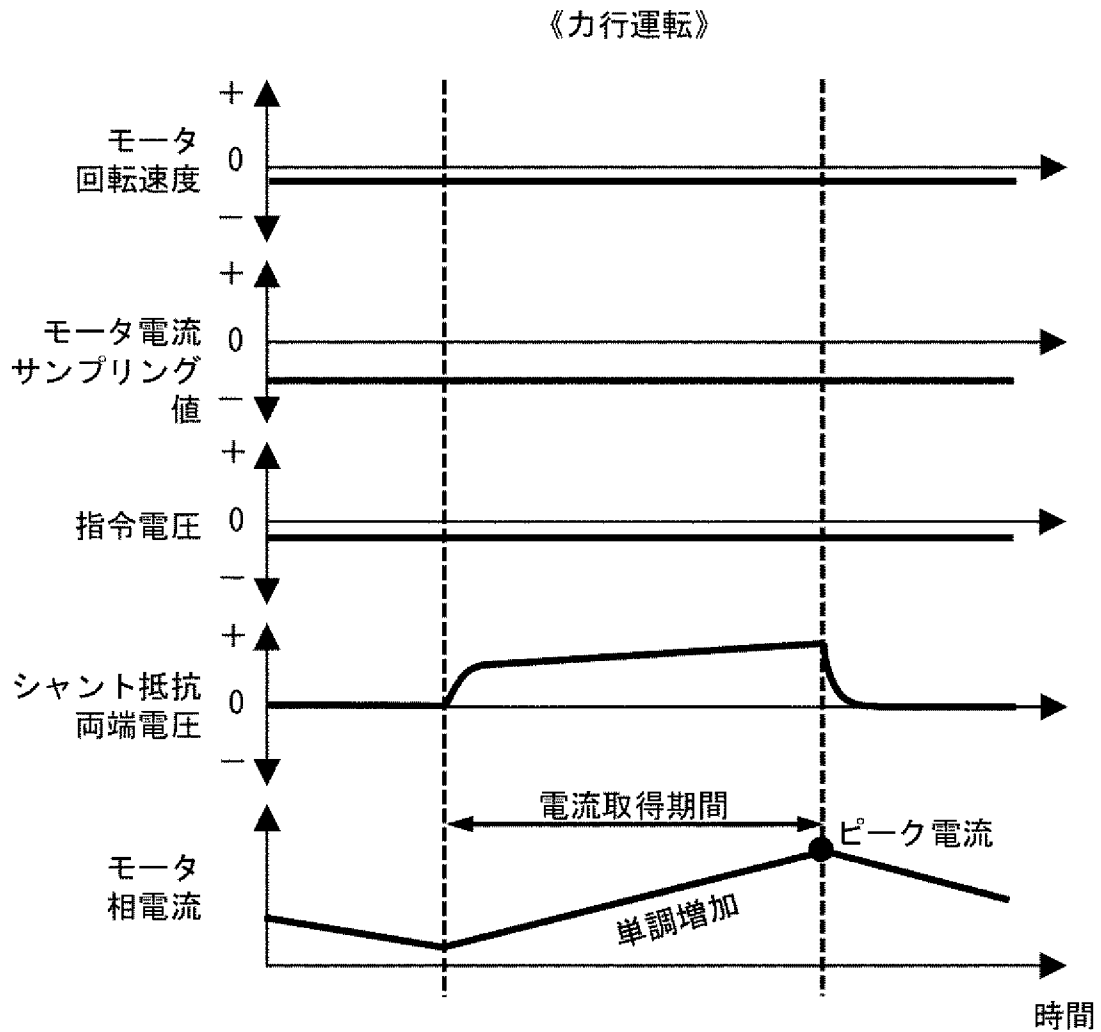
[図 3]



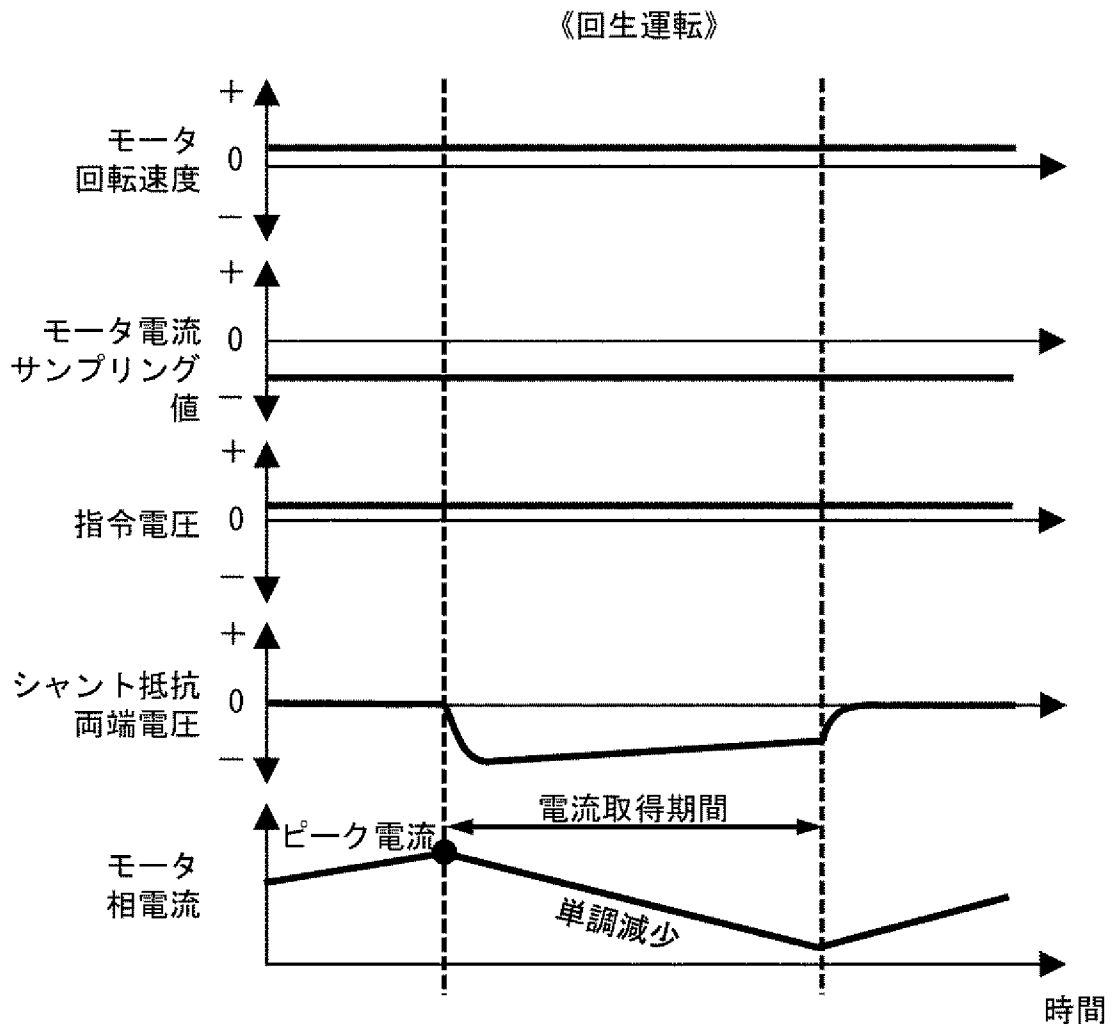
[図 4]



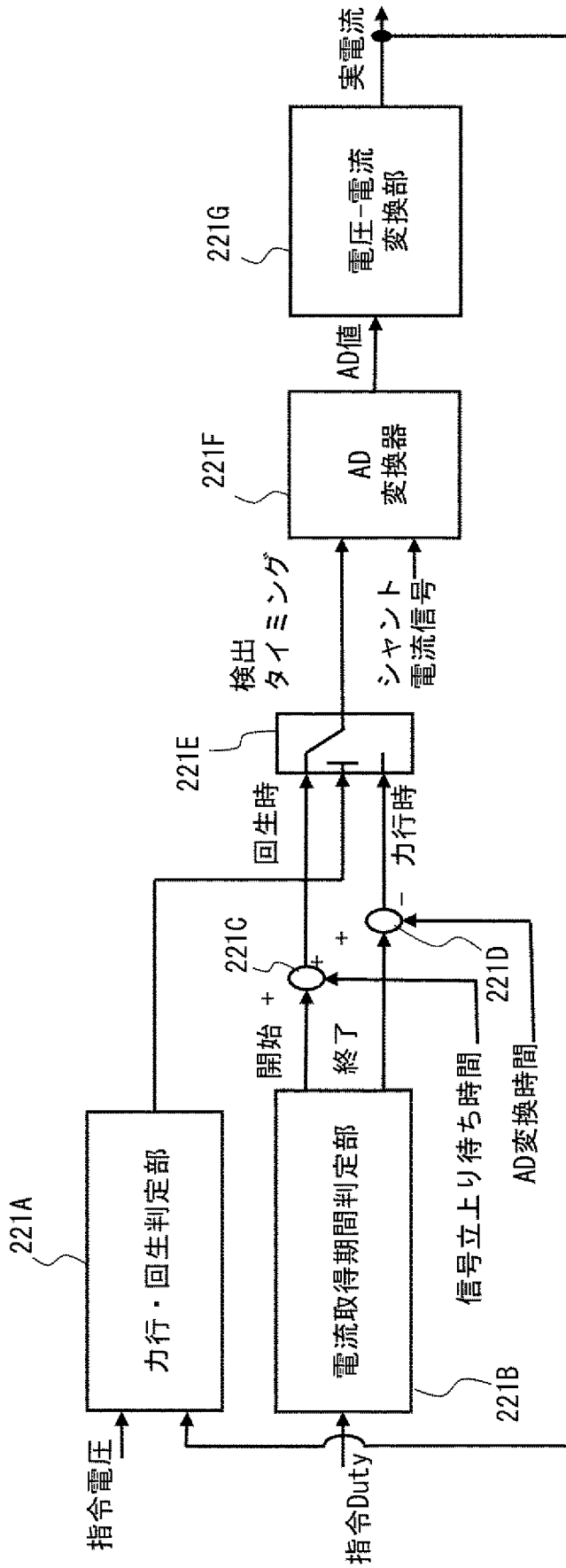
[図 5]



[図 6]



[図 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/024902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 21/22**(2016.01)i; **H02P 27/08**(2006.01)i

FI: H02P21/22; H02P27/08

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)

H02P21/22; H02P27/08

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-124566 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 03 June 2010 (2010-06-03) paragraphs [0030]-[0160], fig. 1-12	1-10
Y	WO 2020/217853 A1 (KOKI HOLDINGS CO., LTD.) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraphs [0015]-[0043], fig. 2-9	1-10
Y	JP 2016-92989 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 23 May 2016 (2016-05-23) paragraphs [0011]-[0067], fig. 1-9	1-10
Y	WO 2019/239628 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 December 2019 (2019-12-19) paragraphs [0010]-[0216], fig. 1-42	2, 8
A	WO 2022/180896 A1 (HITACHI ASTEMO, LTD.) 01 September 2022 (2022-09-01) paragraphs [0001]-[0123], fig. 1-17	1-10

 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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

06 September 2024

Date of mailing of the international search report

17 September 2024

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/JP2024/024902

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2010-124566 A	03 June 2010	(Family: none)	
WO 2020/217853 A1	29 October 2020	US 2022/0181969 A1 paragraphs [0025]-[0054], fig. 2-9 EP 3960381 A1 CN 113727812 A	
JP 2016-92989 A	23 May 2016	(Family: none)	
WO 2019/239628 A1	19 December 2019	CN 112219348 A	
WO 2022/180896 A1	01 September 2022	DE 112021006411 T5	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 21/22(2016.01)i; H02P 27/08(2006.01)i FI: H02P21/22; H02P27/08		
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）） H02P21/22; H02P27/08 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 - 2024年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2024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
Y	JP 2010-124566 A (トヨタ自動車株式会社) 03.06.2010 (2010 - 06 - 03) 段落[0030]-[0160], 図1-12	1-10
Y	WO 2020/217853 A1 (工機ホールディングス株式会社) 29.10.2020 (2020 - 10 - 29) 段落[0015]-[0043], 図2-9	1-10
Y	JP 2016-92989 A (日立オートモティブシステムズ株式会社) 23.05.2016 (2016 - 05 - 23) 段落[0011]-[0067], 図1-9	1-10
Y	WO 2019/239628 A1 (三菱電機株式会社) 19.12.2019 (2019 - 12 - 19) 段落[0010]-[0216], 図1-42	2, 8
A	WO 2022/180896 A1 (日立Astemo株式会社) 01.09.2022 (2022 - 09 - 01) 段落[0001]-[0123], 図1-17	1-10
<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、一般的な技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 06.09.2024	国際調査報告の発送日 17.09.2024	
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） 池田 貴俊 3V 9256 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

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/JP2024/024902

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2010-124566	A	03.06.2010	(ファミリーなし)			
WO	2020/217853	A1	29.10.2020	US	2022/0181969	A1	
				段落[0025]-[0054], FIG. 2-9			
				EP	3960381	A1	
				CN	113727812	A	
JP	2016-92989	A	23.05.2016	(ファミリーなし)			
WO	2019/239628	A1	19.12.2019	CN	112219348	A	
WO	2022/180896	A1	01.09.2022	DE	112021006411	T5	