

(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
2016年11月24日(24.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/185601 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 27/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/064599
- (22) 国際出願日: 2015年5月21日(21.05.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 川村 弘道(KAWAMURA, Hiromichi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外(MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 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, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

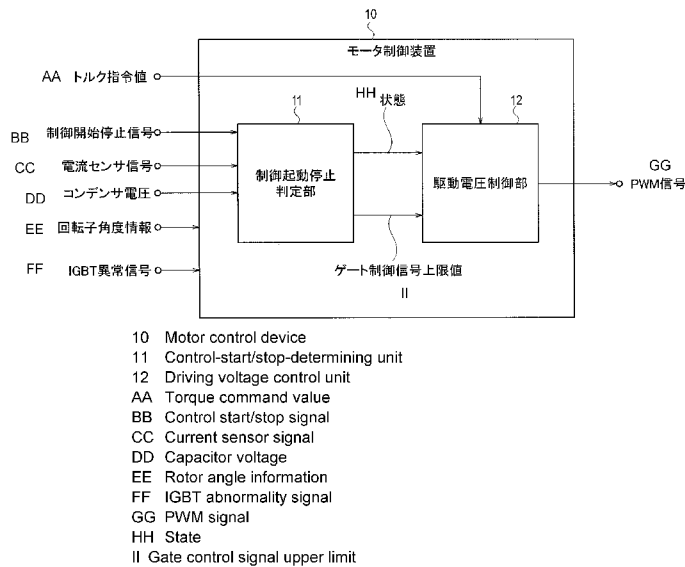
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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

(54) 発明の名称: モータ制御装置とモータ制御方法



(57) Abstract: The present invention is provided with: a control-start/stop-determining unit 11 that receives as inputs a start/stop request signal for controlling the starting and stopping of a motor 5 and information about the rotation speed of the motor 5, and outputs a state signal for switching the state of a driving voltage between the three states of control stop, control start, and control initiate; and a drive voltage control unit 12 for gradually increasing the phase current fed to the motor 5 using a PWM signal while the state signal transitions to the state of control initiate after transitioning from the state of control stop to the state of control start.

(57) 要約: モータ 5 の起動及び停止を制御する起動停止要求信号とモータ 5 の回転数情報とを入力として、駆動電圧の状態を、制御停止、制御起動、及び制御開始の 3 つの状態と切り替える状態信号を出力する制御起動停止判定部 11 と、状態信号が、制御停止から制御起動の状態に遷移した後に制御開始の状態に遷移するまでの間、PWM 信号を用いてモータ 5 に供給する相電流を徐々に増加させる駆動電圧制御部 12 とを具備する。

WO 2016/185601 A1

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置とモータ制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、モータへ供給する駆動電圧によりモータの相電流を制御するモータ制御装置とモータ制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、モータに供給する相電流をPWM (Pulse Width Modulation) 方式で制御（以降、PWM制御）するモータ制御装置は、少なくとも1つの相に流れる相電流が所定の値を上回る場合に、モータ制御が不安定であると判定してPWM制御を中断するものが知られている（特許文献1）。この特許文献1に開示された方法は、相電流が所定の値を下回った時にPWM制御を復帰させる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-252990号公報

発明の概要

[0004] しかし、特許文献1では、相電流が所定の値を下回った時にPWM制御を瞬時に復帰させるため、その直後において相電流にオーバーシュートが生じ、モータトルクに振動が生じる場合がある。

[0005] 本発明は、上記課題に鑑みて成されたものであり、その目的は、PWM制御を復帰させた時における相電流のオーバーシュートを低減し、モータトルクに発生する振動を抑制するモータ制御装置とモータ制御方法を提供することである。

[0006] 本発明の一態様に係わるモータ制御装置は、制御起動停止判定部と、駆動電圧制御部とを具備する。制御起動停止判定部は、モータに供給する駆動電圧の制御を停止している停止状態から制御を実施している開始状態へ遷移する場合、停止状態と開始状態の間で起動状態へ切り替える。駆動電圧制御部

は、起動状態において、相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように駆動電圧を制御する。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]電気自動車の駆動電源装置1の構成例を示す図である。
- [図2]第1実施形態のモータ制御装置10の機能構成例を示す図である。
- [図3]モータ制御装置10の状態遷移の例を示す図である。
- [図4]制御起動状態におけるゲート制御信号上限値の変化の例を示す図である。
- [図5]駆動電圧制御部12の機能構成例を示す図である。
- [図6]制御停止、制御起動、及び制御開始の各状態におけるPWM信号の例を示す図である。
- [図7]モータ制御装置10でモータ5を制御した場合の相電流の変化の例を示す図である。
- [図8]モータ制御装置10でモータ5を制御した場合の相電流の変化の他の例を示す図である。
- [図9]起動状態においてPWM信号の振幅を増加する例を示す図である。
- [図10]制御起動状態におけるゲート制御信号上限値の変化の他の例を示す図である。
- [図11]制御起動停止判定部11が「制御停止」の状態を判定する動作フローの一部を示す図である。
- [図12]制御起動停止判定部11が「制御開始」の状態を判定する動作フローの一部を示す図である。
- [図13]第2実施形態のモータ制御装置20の機能構成例を示す図である。
- [図14]駆動電圧制御部22の機能構成例を示す図である。
- [図15]電圧指令値制御部21が計算する V_{d1}^* と V_{q1}^* の例を示す図である。
- [図16]電圧指令値制御部21が計算する V_{d1}^* と V_{q1}^* の他の例を示す図である。

[図17]電圧指令値制御部21が計算する V_{d1}^* と V_{q1}^* の他の例を示す図である。

[図18]比較例に係わるモータ制御装置でモータ5を制御した場合の相電流の変化の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 図面を参照して、実施形態を説明する。図面の記載において同一部分には同一符号を付して説明を省略する。第1実施形態のモータ制御装置10を説明する前に、第1実施形態のモータ制御装置10を含む電気自動車の駆動電源装置1について説明する。

[0009] [電気自動車の駆動電源装置]

図1に、第1実施形態のモータ制御装置10を含む電気自動車の駆動電源装置1の構成例を示す。駆動電源装置1は、例えばハイブリッドカーや電気自動車などの電動車両を駆動する三相永久磁石型同期電動機（以降、モータ）に、駆動電源を供給する。

[0010] 駆動電源装置1は、バッテリー2、リレー部3、14、インバータ4、モータ5、コンデンサ6、電流センサ7、角度センサ8、電圧センサ9、モータ制御装置10、及び車両制御装置13を具備する。

[0011] バッテリー2は、二次電池等で構成される直流電源である。バッテリー2の直流電圧は、リレー部3を介してインバータ4とコンデンサ6に供給される。リレー部2が導通するとバッテリー2に並列に接続するリレー部14は開放する。リレー部3と14の導通は、後述する車両制御装置13を介してドライバーが操作するキースイッチのON/OFF操作（リレー制御信号）によって制御される。

[0012] インバータ4は、バッテリー2とモータ5との間で電力変換を行う。インバータ4は、バッテリー2から供給される直流電力を3個の相電圧（U相、V相、W相）に変換すると共に、モータ5に生じる三相交流電力を直流電力に変換する。

[0013] インバータ4は、複数のスイッチング素子 $T_{r1} \sim T_{r6}$ と複数の整流素

子D 1～D 6とゲート駆動回路4 1とで構成される。バッテリー2の正極にコレクタ電極を接続するスイッチング素子T r 1のエミッタ電極と、バッテリー2の負極にエミッタ電極を接続するスイッチング素子T r 2のコレクタ電極とが接続されてアーム回路を構成する。アーム回路を構成するスイッチング素子T r 1（以降、上アーム）とT r 2（以降、下アーム）との接続点がモータ5の図示を省略しているU相コイルに接続する。上アームT r 1と下アームT r 2とには、整流素子D 1とD 2とがそれぞれ逆並列の向きで接続する。

[0014] バッテリ2の正極にコレクタ電極を接続する上アームT r 3, T r 5と、負極にコレクタ電極を接続する下アームT r 4, T r 6とは、上アームT r 1と下アームT r 2と同様にアーム回路を構成する。それぞれのアーム回路の接続点が、モータ5の図示を省略しているV相コイルとW相コイルとにそれぞれ接続される。整流素子D 3～D 6が、上アームT r 3, T r 5と、下アームT r 4, T r 6とにそれぞれ逆並列の向きで接続される。

[0015] インバータ4を構成する各スイッチング素子T r 1～T r 6のそれぞれのゲート電極には、モータ制御装置10が出力するPWM信号に基づいて生成されたゲート制御信号が接続する。上アームT r 1のゲート電極にはゲート制御信号GUPが接続する。下アームT r 2のゲート電極にはゲート制御信号GUNが接続する。同様に上アームT r 3のゲート電極にはゲート制御信号GVPが、下アームT r 4のゲート電極にはゲート制御信号GVNが、上アームT r 5にはゲート制御信号GWPが、下アームT r 6にはゲート制御信号GWNがそれぞれ接続する。

[0016] ゲート駆動回路4 1は、モータ制御装置10から入力されるPWM信号に基づいて、上アームT r 1, T r 3, T r 5と下アームT r 2, T r 4, T r 6とを所定のタイミングでON/OFF制御する。ON/OFF制御する信号は、上記のゲート制御信号GUP, GUN, GVP, GVN, GWP, GWNである。所定のタイミングとは、上下アームT r 1～T r 6をON/OFF制御する周期（以降、キャリア周期）のことである。

- [0017] また、ゲート駆動回路41は、各上下アームの過熱異常や過電流異常状態を検出してIGBT異常信号をモータ制御装置10に出力する。また、ゲート駆動回路41は、インバータ4の正極と負極との間の電圧を平滑化するコンデンサ6の電圧を検出する電圧センサ9からの信号を、モータ制御装置10で認識できる振幅レベルに変換してモータ制御装置10に出力する。
- [0018] 電流センサ7は、U相、V相、W相の各相コイルに流れる相電流を測定した電流センサ信号をモータ制御装置10に出力する。なお、各相コイルに流れる相電流の総和は零になる関係から電流センサ7を三相の全てに設ける必要はない。
- [0019] モータ制御装置10は、モータ5に供給する駆動電圧をPWM信号で制御する。モータ制御装置10は、モータ5の図示を省略しているロータ（回転子）の角度情報と、電流センサ信号（ I_u 、 I_v 、 I_w ）と、コンデンサ電圧信号と、制御開始停止信号と、トルク指令値 T^* とに基づいてPWM信号を生成する。PWM信号は、上記のゲート制御信号GUP、GUN、GVP、GVN、GWP、GWNと同じパルス幅と振幅の信号である。なお、特に必要が無い場合のU、V、Wの表記は省略し、以降ゲート制御信号GP、GNと表記する。
- [0020] 制御開始停止信号とトルク指令値 T^* は、車両制御装置13から入力される。車両制御装置13は、CPUとROMとRAMとを備え、キースイッチのON操作で制御開始停止信号を出力して電動車両の駆動制御を開始する。また、車両制御装置13は、アクセル信号、ブレーキ信号、及びシフトポジション信号に基づいてトルク指令値 T^* を算出する。
- [0021] 以降において、第1実施形態のモータ制御装置10の特徴を詳しく説明する。
- [0022] （第1実施形態）
- 図2を参照して、第1実施形態に係わるモータ制御装置10について説明する。本実施形態のモータ制御装置10は、制御起動停止判定部11と駆動電圧制御部12とを具備する。

[0023] 制御起動停止判定部 11 は、モータ 5 へ供給する駆動電圧の状態を、制御を停止している停止状態、また、制御を実施している開始状態、或いは起動状態に切り替える。駆動電圧制御部 12 は、「起動状態」において、相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように駆動電圧を制御する。

[0024] なお、制御起動停止判定部 11 は、第 1 実施形態に係わるモータ制御方法の制御起動停止判定過程を行う。また、駆動電圧制御部 12 は、同モータ制御方法の駆動電圧制御過程を行う。

[0025] [制御起動停止判定部]

図 3 に、制御起動停止判定部 11 が持つ、「制御停止 α (停止状態)」と「制御開始 β (開始状態)」と「制御起動 γ (起動状態)」との 3 つの状態を示す。図 3 の状態遷移図を参照して各状態について説明する。

[0026] 「制御停止 α 」とは、インバータ 4 の制御を停止している状態である。「制御停止 α 」は、例えば、電動車両が停車している場合や、モータ 5 の回転数の急変や相電流に異常が生じた場合に、PWM 信号の出力が停止している状態である。

[0027] 「制御開始 β 」とは、電動車両が走行している場合等のトルク指令値 T^* に従ってインバータ 4 を制御している状態である。「制御開始 β 」は、インバータ 4 が PWM 信号によって制御されている状態である。

[0028] 「制御起動 γ 」とは、「制御停止 α 」と「制御開始 β 」との間をつなぐ状態である。「制御起動 γ 」は、「制御開始 β 」における PWM 信号と異なる PWM 信号でインバータ 4 を制御する状態である。

[0029] 「制御停止 α 」から「制御開始 β 」への状態遷移は、モータ 5 の回転数が所定値未満に復帰する場合に生じる。というのも、復帰後のモータ 5 の回転数が所定値より低い場合は、「制御起動 γ 」を介さなくともオーバーシュート量が小さくなるため、「制御停止 α 」から「制御開始 β 」へ直接遷移させる。制御起動停止判定部 11 は、「制御開始 β 」と判定した場合、「制御開始 β 」を表す状態信号を、駆動電圧制御部 12 に出力する。

[0030] 「制御開始 β 」から「制御停止 α 」への状態遷移は、例えば相電流に異常

が生じた場合に生じる。制御起動停止判定部 11 は、「制御停止 α 」と判定した場合、「制御停止 α 」を表す状態信号を駆動電圧制御部 12 に出力する。

[0031] 「制御停止 α 」から「制御起動 γ 」への状態遷移は、モータ 5 の回転数が所定値より高く復帰する場合に生じる。復帰後のモータ 5 の回転数が所定値より高い場合は、オーバーシュート量が大きくなるため、「制御停止 α 」から「制御開始 β 」への復帰に際し、「制御起動 γ 」を介して遷移させる。制御起動停止判定部 11 は、「制御起動 γ 」と判定した場合に「制御起動 γ 」の状態を表す状態信号を、駆動電圧制御部 12 に出力する。

[0032] なお、「制御停止 α 」から「制御起動 γ 」への状態遷移の判定は、複数の情報に基づいて行うことが可能である。例えば、制御を再開した時の相電流の変化が大きい場合や、モータ 5 の回転数が所定の回転数以上である場合や、インバータ 4 のスイッチング素子の温度が閾値以上である場合等、相電流、回転数、及び温度等の情報に基づいて行う。これらの情報は、電流センサ信号、回転子角度情報、及び IGBT 異常信号から得ることができる。判定は、それぞれの情報を個別に用いて判定してもよいし、複数の情報を組み合わせて判定してもよい。また、各情報に基づいて、「制御起動 γ 」から「制御開始 β 」に遷移させてもよい。

[0033] 「制御起動 γ 」から「制御開始 β 」への状態遷移は、例えば「制御起動 γ 」に遷移してからの時間が所定の時間を経過した場合に行われる。また、各上下アーム $T_{r1} \sim T_{r6}$ を ON させるゲート制御信号 G_P, G_N の上限値（以降、ゲート制御信号上限値）が、所定の値に達した場合に行われる。ゲート制御信号上限値によって、PWM 信号の態様（パルス幅、振幅）が決まる。

[0034] ゲート制御信号上限値は、制御起動停止判定部 11 から駆動電圧制御部 12 に出力される。図 4 に、ゲート制御信号上限値の変化の例を示す。図 4 の横軸は「制御起動 γ 」に遷移してからの経過時間、縦軸はゲート制御信号上限値の例えばパルス幅である。ここで上限値とは、経過時間に一対一で対応

し、それ以上の大きさが無いことを意味している。

[0035] 図4に示すように、ゲート制御信号上限値のパルス幅は、「制御起動 γ 」に遷移してからの経過時間に応じて増加する。ゲート制御信号上限値のパルス幅は、例えばPWM信号のキャリア周期のデューティ比50%に相当するパルス幅（所定値）まで直線的に増加する。

[0036] [駆動電圧制御部]

駆動電圧制御部12は、ゲート制御信号上限値に対応させたPWM信号を生成する。PWM信号は、上記の様にゲート制御信号GP、GNのパルス幅や振幅と同じ信号である。したがって、モータ制御装置10は、PWM信号によってモータ5の相電流の大きさを制御することができる。

[0037] なお、ゲート制御信号上限値は、駆動電圧制御部12に持たせてもよい。それでも同様の作用を行える。

[0038] 図5に、駆動電圧制御部12の機能構成例を示して更に詳しくその動作を説明する。駆動電圧制御部12は、電圧指令値算出部120、電流制御部121、d-q/3相変換部122、電圧/Duty変換部123、PWM信号生成部124、位相演算部125、回転数演算部126、及び3相/d-q変換部127を具備する。

[0039] 電圧指令値算出部120は、車両制御装置13で算出されるトルク指令値 T^* と、回転数演算部126で演算されたモータ5の回転数 ω とを用いて、d軸電流指令値 I_d^* とq軸電流指令値 I_q^* とを算出する。d軸電流指令値 I_d^* とq軸電流指令値 I_q^* とは、電流ベクトル制御法で用いるd軸とq軸の電流値のことである。回転数演算部126は、位相演算部125で計算した回転位相 θ から、モータ5の回転数 ω を計算する。

[0040] 電流制御部121は、制御起動停止判定部11から入力される状態信号と、d軸電流指令値 I_d^* と、q軸電流指令値 I_q^* と、3相/d-q変換部127から入力されるd軸電流 I_d とq軸電流 I_q とを用いて、d軸電圧指令値 V_d^* とq軸電圧指令値 V_q^* とを計算する。「制御開始」の状態では、 I_d と I_q が I_d^* と I_q^* とに追従するように V_d^* と V_q^* とが計算される。つ

まり、目標の電流に電流センサで測定した電流が追従するように駆動電圧が決定される。

[0041] また、「制御起動」の状態では、 V_d^* と V_q^* とを共に「0」にする。つまり、本実施形態のモータ制御装置10は、「制御起動」の状態に遷移した時の相電流に与える影響を最小にする。

[0042] d-q/3相変換部122は、電流制御部121で計算したd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* を、位相演算部125で算出した回転位相 θ に基づいて3相交流電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換する。変換された3相交流電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* は、PWM信号生成部124に出力される。位相演算部125は、角度センサ8からの回転子角度情報に基づいて、回転位相 θ を計算する。

[0043] 電圧/Duty変換部123は、3相交流電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* と、コンデンサ6の電圧であるコンデンサ電圧信号とに基づいて3相のスイッチング素子を駆動するデューティ信号 D_u^* 、 D_v^* 、 D_w^* を生成する。

[0044] PWM信号生成部124は、状態信号と、ゲート制御信号上限値と、デューティ信号 D_u^* 、 D_v^* 、 D_w^* とに基づいて、インバータ4を制御するPWM信号を生成する。その場合は、ゲート制御信号上限値でPWM信号のパルス幅が決定される。つまり、本実施形態では、PWM信号の態様とゲート制御信号GP、GNの態様とは同じである。ここからの説明においては、上下アームTr1～Tr6のゲート電極に入力する信号をPWM信号と称する。

[0045] [起動状態のPWM信号]

駆動電圧制御部12が行うPWM信号を変化させる動作を説明する。説明は、「制御停止」、「制御起動」、及び「制御開始」の3つの状態における1相のPWM信号を参照して行う。

[0046] 図6は、U相の上アームTr1と下アームTr2のPWM信号を示す図である。上から「制御停止」、「制御起動」、「制御開始」、の各状態における上アームTr1と下アームTr2のPWM信号を示す。横方向は時間である。

- [0047] 「制御停止」では、上アームTr1と下アームTr2とは共にOFFである。他相の上下アームも全てOFFである。この「制御停止」の状態においても、電動車両が例えば走行中である場合、モータ5は回転しているので各相コイルと鎖交する磁束の時間的な変化によってモータ5に逆起電力が発生する。その逆起電力に基づく相電流は、上下アームにそれぞれ逆並列に接続された整流素子D1～D6を介してバッテリー2に流れる。この「制御停止」の状態では、文字通りモータ制御装置10はモータ5を制御していない。
- [0048] 一方、「制御開始」では、上アームTr1又は下アームTr2はどちらかが必ずON状態になる。「制御開始」では、上下アームのどちらかが必ずONすることで、モータ5に所望の相電流を供給する制御が行われる。
- [0049] 「制御起動」は、「制御停止」と「制御開始」との間をつなぐ状態である。「制御起動」においては、上アームTr1と下アームTr2のPWM信号が、相電流の上限値が経過時間に依りて増加するように変化する。例えば、経過時間に依りてPWM信号のパルス幅を徐々に増加させる。その結果、相電流の振幅の最大値（上限値）を徐々に増加させることができる。他相においても同様である。
- [0050] 時刻t3の下アームTr2のON時間は、時刻t2の上アームTr1のON時間よりも長い。また、時刻t4の上アームTr1のON時間は、時刻t3の下アームTr2のON時間よりも長い。つまり、図4のゲート制御信号上限値の変化に対応してPWM信号のパルス幅が増加する。そして、PWM信号のパルス幅が所定値まで広がると、状態が「制御開始」に遷移する。
- [0051] このような「制御起動」の状態を設けることで、モータ5の相電流のオーバーシュートを低減させる。図7に、本実施形態のモータ制御装置10でモータ5を制御した場合の相電流のシミュレーション結果を示す。図7は、「制御停止」→「制御起動」→「制御開始」と、状態が遷移した場合の相電流とトルクの時間変化を示す。
- [0052] 図7に示すように、「制御起動」の状態の相電流の振幅が、経過時間に依りて徐々に増加する。このように駆動電圧制御部12は、相電流の振幅の最

大値（上限値）が徐々に大きくなるようにモータ5に供給する駆動電圧を制御する。

[0053] また、「制御停止」の状態の相電流が大きい場合、駆動電圧制御部12は相電流の振幅の最大値（上限値）を、経過時間に応じて徐々に減少するように駆動電圧を制御する。図8に、相電流を減少させる場合のシミュレーション結果を示す。

[0054] このように駆動電圧制御部12は、相電流のオーバーシュートとアンダーシュートとを低減させる。相電流の振幅の最大値（上限値）の変化の様子は、制御起動停止判定部11が出力するゲート制御信号上限値によって決定される。

[0055] 以上説明したように、第1実施形態のモータ制御装置10によれば、以下の作用効果が得られる。

[0056] 「制御起動」の状態では、PWM信号のパルス幅が徐々に増加するので、相電流の位相に急激な変化を生じさせない。その結果、二次振動系と称される相電流の跳ね上がり（下がり）を抑制することができる。

[0057] 「制御起動」の状態において、相電流の上限が経過時間に応じて増加するように制御されている（図7と図8）。このように本実施形態のモータ制御装置10は、過度な電流による装置故障を生じさせない。また、トルク変動も生じさせない。

[0058] なお、上記の例ではPWM信号のパルス幅を経過時間に応じて増加させる例で説明を行ったが、PWM信号の振幅を経過時間に応じて増加させてもよい。図9に、「制御起動」の状態においてPWM信号の振幅を経過時間に応じて増加させた例を示す。駆動電圧の状態が「制御起動」の状態に遷移すると、上アームTr1と下アームTr2のPWM信号の振幅が、経過時間毎に決められた振幅上限値に一致するように増加する。他のV相とW相についても同様である。

[0059] このようにPWM信号の振幅を変化させるようにしても上記のパルス幅を制御した場合と同じ効果を奏するモータ制御装置を実現することが可能であ

る。また、パルス幅と振幅の両方を同時に変えても同様の効果を奏する。

[0060] また、上記の例ではPWM信号を変化させるゲート制御信号上限値を、変化率が一定で直線的に変化させる例で説明したが、図10に示すように変化率を徐々に増加させるようにしてもよい。図10の縦横軸は図4と同じである。

[0061] 図9に示すように時間経過によってゲート制御信号上限値の変化率を増加させることで、「制御起動」の状態における相電流の変化を、より滑らかにすることができる。その結果、相電流の跳ね上がり（下がり）を確実に低減することができる。

[0062] また、「制御停止」の状態への状態遷移は、想定外の外乱によって過度な相電流が流れ、相電流の目標値と測定値（電流センサ信号）との乖離が大きくなった場合に生じる例で説明を行った。しかし、より単純に「制御停止」に遷移させてもよい。例えば、制御起動停止判定部11を、相電流が閾値を越えた場合に「制御停止」に切り替えるように構成してもよい。

[0063] 図11に、相電流が閾値を越えた場合及びスイッチング素子 $T_{r1} \sim T_{r6}$ の温度が閾値を越えた場合に、制御起動停止判定部11が駆動電圧の状態を「制御停止」の状態に遷移させる動作フローを示す。相電流の測定値が閾値以上になると（ステップS10のYES）、駆動電圧の状態が「制御停止」の状態に遷移する。また、スイッチング素子 $T_{r1} \sim T_{r6}$ の温度が閾値以上になると（ステップS11のYES）、駆動電圧の状態が「制御停止」の状態に遷移する。

[0064] ステップS10の判定は、電流センサから得た相電流で判定することも出来るし、上記の目標値を指令する電流指令値等で判定してもよい。相電流で「制御停止」の状態へ遷移させることで、PWM制御の異常状態をより速く検出し、PWM制御を正確に停止させることができるモータ制御装置を実現することができる。

[0065] なお、スイッチング素子 $T_{r1} \sim T_{r6}$ の温度が閾値を越えた場合は、例えば上記のIGBT異常信号で得ることが出来る。スイッチング素子の温度

が閾値を越えたか否かによってPWM制御の異常状態を検出することで、スイッチング素子の故障を未然に防止することができるモータ制御装置を実現することができる。

[0066] このように相電流や温度で異常を検出した際に、積極的にPWM制御を中止することでエネルギー消費量を抑制することも可能である。つまり、無駄なエネルギー消費を防止することもできる。

[0067] また、制御起動停止判定部11を、閾値を越えた相電流が大きいほど「制御起動」状態の時間を長くするように構成してもよい。図12に、閾値を越えた相電流の大きさに応じて「制御起動」の状態の時間の長さを変える動作フローを示す。

[0068] 閾値を越えた相電流の電流値が小さい場合（ステップS13のYES）は、駆動電圧の状態が「制御起動」の状態にいる時間は短い（ステップS16）。閾値を越えた相電流の電流値が中位の場合（ステップS14のYES）は、駆動電圧の状態が「制御起動」の状態にいる時間は中位の長さである（ステップS16）。閾値を越えた相電流の電流値が大きい場合（ステップS15のYES）は、駆動電圧の状態が「制御起動」の状態にいる時間は長い（ステップS18）。

[0069] 一般的に、モータに流れる相電流が大きい程、PWM制御の異常の程度が悪いので慎重に「制御開始」の状態に遷移させる必要がある。閾値を越えた相電流が大きいほど「制御起動」状態の時間を長くするように構成することで、相電流が大きい程、長い時間をかけてPWM制御を再開させるので、PWM制御の再開を安定化することができるモータ制御装置を実現することができる。

[0070] なお、温度の場合についても同様である。温度の場合の動作フローも図12と同じである。一般的に、スイッチング素子の温度が高い程、PWM制御の異常の程度が悪い。したがって、スイッチング素子の温度が高い程、長い時間をかけて「制御開始」の状態に遷移させることで、PWM制御の再開を安定化することができるモータ制御装置を実現することができる。

[0071] (第2実施形態)

図13を参照して、第2実施形態に係わるモータ制御装置20について説明する。本実施形態のモータ制御装置20は、「制御停止」の状態の電圧指令値を制御する電圧指令値制御部21を具備する点で、モータ制御装置10(図2)と異なる。また、駆動電圧制御部22が、その電圧指令値(電圧指令値制御部21の出力)を用いてPWM信号を生成する点で駆動電圧制御部12と異なる。

[0072] 電圧指令値制御部21は、「制御停止」の状態において相電流の増減を指令する電圧指令値を所定の値に固定する。つまり、PWM制御を停止している間の電圧指令値を所定の値に固定するため、「制御停止」から「制御起動」の状態に移した時のモータトルクの変動を抑制することができる。

[0073] 図14に、駆動電圧制御部22の機能構成例を示す。駆動電圧制御部22は、駆動電圧制御部12(図5)に対して電流制御部221を具備する点でのみ異なる。

[0074] 電流制御部121では、PWM制御を停止している間の電圧指令値が「0」に設定された。電流制御部221は、状態信号が「制御停止」の電圧指令値を所定の値に固定する。

[0075] 所定の値は、例えば、「制御停止」の状態の時のトルク指令値 T^* と回転数 ω とコンデンサ電圧とに基づいて新たに計算したd軸電圧指令値 V_{d1}^* とq軸電圧指令値 V_{q1}^* としてもよい。新たに計算することで、「制御停止」の状態の時間が長くても、より短時間でモータトルクを目標値に追従させることが可能になる。

[0076] 図15に、「制御停止」の状態での新たな電圧指定値 V_{d1}^* 、 V_{q1}^* を計算した場合の各状態と電圧指令値との関係を模式的に示す。横軸は時間、縦軸は電圧指令値である。

[0077] 電流制御部121は、「制御停止」の状態の時に新たなd軸電圧指令値 V_{d1}^* とq軸電圧指令値 V_{q1}^* とを計算し、その値を電流制御部221に入力する。その結果、「制御停止」の状態が破線で示すように際限なく長い場

合でも、「制御起動」の状態に遷移した時のモータトルクの変動を抑制することができる。

[0078] (変形例1)

また、所定の値を、「制御停止」の状態に遷移する直前に電圧指令値制御部21が保持していた電圧指令値にしてもよい。その場合の各状態と電圧指令値との関係を、図16に示す。

[0079] 図16の横軸と縦軸は図15と同じである。「制御停止」の状態に遷移する直前の V_d^* と V_q^* を、電圧指令値制御部21が V_{d0}^* と V_{q0}^* として保持しておく。その保持した電圧指令値を「制御起動」の状態に遷移した時に、電流制御部221に入力することでモータトルクの変動を抑制することができる。この方法は、「制御停止」の状態の時間が比較的に短い場合に有効である。

[0080] (変形例2)

また、「制御停止」の状態の時間の長さに応じて、所定の値を、「制御停止」の状態に遷移する直前に保持した電圧指令値 V_{d0}^* 、 V_{q0}^* と、トルク制御に必要なトルク指令値 T^* を用いて新たに計算して求めた電圧指令値 V_{d1}^* 、 V_{q1}^* との間の値に、設定してもよい。

[0081] 図17に、所定の値を、保持した電圧指令値 V_{d0}^* 、 V_{q0}^* と新たに計算して求めた電圧指令値 V_{d1}^* 、 V_{q1}^* との間の値にする場合の各状態と電圧指令値との関係を模式的に示す。図17の横軸と縦軸は図15と同じである。

[0082] 「制御起動」の状態に遷移した時の電圧指令値 V_d^* と V_q^* とは、「制御起動」の状態の時間の長さに応じて V_{d0}^* 、 V_{q0}^* と V_{d1}^* 、 V_{q1}^* との間の値に設定される。時間の長さに応じてとは、図17に示すように新たに計算した V_{d1}^* 、 V_{q1}^* を用いる場合の「制御停止」の状態の時間を予め決めておき、例えばその時間と、実際の「制御停止」の状態の時間との比例関係で決定することである。

[0083] このように所定の値を、「制御停止」の状態の時間の長さに応じて、「制

御停止」の状態に遷移する直前に電圧指令値制御部 21 が保持した V_{d0}^* 、 V_{q0}^* と、トルク制御に必要な新たに計算して求めた V_{d1}^* 、 V_{q1}^* との間の値にする。その結果、電圧指令値を適切に設定することができ、「制御起動」の状態に遷移した時のモータトルクの変動を抑制することができる。

[0084] 以上説明したように、第 2 実施形態のモータ制御装置 20 によれば、「制御停止」から「制御起動」の状態に遷移した時のモータトルクの変動を抑制することができる。モータトルクの変動を抑制することで、トルク変動に基づく振動も生じさせない。

[0085] 図 18 に、比較例のモータ制御装置でモータ 5 を駆動した場合の「制御停止」→「制御開始」の状態に遷移させた場合の相電流とトルクの時間変化を示す。図 17 の横軸と縦軸は図 7 同じである。

[0086] 図 18 の比較例の時間変化には、上記の「制御起動」の状態が存在しない。つまり、「制御停止」の状態から「制御開始」の状態に遷移する。PWM 制御を再開した時の PWM 信号のパルス幅が、通常の PWM 制御状態と同じで広いため、モータの回転数によっては相電流にオーバーシュートが発生する可能性がある。その結果、モータトルクに振動が生じる。

[0087] 比較例（図 18）では、「制御停止」から「制御開始」の状態に遷移した途端に、トルクの振動が発生している。その振動は、30ms 以上の時間継続している。第 1 実施形態のモータ制御装置 10 でモータ 5 を駆動した場合、同じ状態でも振動が発生しない（図 7）。

[0088] 本実施形態のモータ制御装置 10 と 20 とは、駆動電圧の状態が起動状態において、相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように駆動電圧を制御する。したがって、PWM 制御を復帰させた時における、相電流のオーバーシュートを低減し、モータトルクに発生する振動を抑制することができる。

[0089] なお、上記の図 6 において、「制御開始」の状態の上アーム T_{r1} と下アーム T_{r2} の PWM 信号を、反転した信号の例で説明を行った。しかし、実際にはアーム回路に流れる貫通電流を防止する目的で、キャリア周期毎に上

アームTr1と下アームTr2とが同時にOFFするデッドタイムが設けられるのが一般的である。実施形態の説明では簡単にする目的でデッドタイムの表記を省略した。

[0090] また、本実施形態では、PWM信号のパルス幅を増加させる例で説明を行ったが、上記のデッドタイムを縮小する方法でも同様の効果を奏するモータ制御装置を実現することが可能である。また、キャリア周期を可変することでも同様の効果を得ることができる。

[0091] また、上記の実施形態では、モータ5を、電動車両の駆動用の三相永久磁石型同期電動機の例で説明したが、この例に限定されない。上記の実施形態で説明した技術思想は、駆動用（走行用）モータに限らずアクチュエータ等のモータに広く適用することが可能である。

[0092] 上記のように、本発明の実施形態を記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

符号の説明

- [0093]
- 1 駆動電源装置
 - 2 バッテリ
 - 3, 14 リレー部
 - 4 インバータ
 - 5 モータ
 - 6 コンデンサ
 - 7 電流センサ
 - 8 角度センサ
 - 9 電圧センサ
 - 10 モータ制御装置
 - 11 制御起動停止判定部
 - 12 駆動電圧制御部

- 1 3 車両制御装置
- 2 0 モータ制御装置
- 2 1 電圧指令値制御部
- 2 2 駆動電圧制御部

請求の範囲

- [請求項1] モータへ供給する駆動電圧により前記モータの相電流を制御するモータ制御装置において、
- 前記駆動電圧の状態を、前記制御を停止している停止状態、前記制御を実施している開始状態、或いは起動状態へ切り替える制御起動停止判定部と、
- 前記制御起動停止判定部が切り替える状態に基づいて前記駆動電圧を制御する駆動電圧制御部と、を具備し、
- 前記制御起動停止判定部は、前記停止状態から前記開始状態へ遷移する場合、前記停止状態と前記開始状態の間で前記起動状態へ切り替え、
- 前記駆動電圧制御部は、前記起動状態において、前記相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように前記駆動電圧を制御することを特徴とするモータ制御装置。
- [請求項2] 前記駆動電圧制御部は、
- PWM信号を用いてモータへ供給する駆動電圧を制御するPWM制御を実行するものであって、
- 前記起動状態において、前記相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように前記PWM信号のパルス幅を制御することを特徴とする請求項1に記載したモータ制御装置。
- [請求項3] 前記駆動電圧制御部は、
- PWM信号を用いてモータへ供給する駆動電圧を制御するPWM制御を実行するものであって、
- 前記起動状態において、前記相電流の上限値が経過時間に応じて増加、又は減少するように前記PWM信号の振幅を制御することを特徴とする請求項1又は2に記載したモータ制御装置。
- [請求項4] 前記駆動電圧制御部は、
- PWM信号を用いてモータへ供給する駆動電圧を制御するPWM制

御を実行するものであって、

前記起動状態において、前記相電流の上限値が経過時間に応じて増加、又は減少するように前記PWM信号の変化率を制御することを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載したモータ制御装置。

[請求項5]

前記制御起動停止判定部は、

前記相電流が閾値を越えた場合に、前記駆動電圧の状態を前記停止状態へ切り替えることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載したモータ制御装置。

[請求項6]

前記制御起動停止判定部は、

前記閾値を越えた前記相電流の値が大きいほど、前記起動状態の時間を長くすることを特徴とする請求項5に記載したモータ制御装置。

[請求項7]

前記制御起動停止判定部は、

前記駆動電圧を生成するスイッチング素子の温度が閾値を越えた場合に、前記駆動電圧の状態を前記停止の状態へ切り替えることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載したモータ制御装置。

[請求項8]

前記制御起動停止判定部は、

前記閾値を越えた前記温度が大きいほど、前記起動状態の時間を長くすることを特徴とする請求項7に記載したモータ制御装置。

[請求項9]

前記停止状態において、前記駆動電圧の増減を指令する電圧指令値を所定の値に固定する電圧指令値制御部を具備することを特徴とする請求項1乃至8の何れかに記載したモータ制御装置。

[請求項10]

前記所定の値を、トルク制御に必要なトルク指令値を用いて新たに計算して求めた値にすることを特徴とする請求項9に記載したモータ制御装置。

[請求項11]

前記所定の値を、前記停止状態に遷移する直前に前記電圧指令値制御部が保持していた電圧指令値にすることを特徴とする請求項9に記載したモータ制御装置。

[請求項12]

前記所定の値を、前記停止状態の時間の長さに応じて、前記停止状

態に遷移する直前に前記電圧指令値制御部が保持した電圧指令値と、トルク制御に必要なトルク指令値を用いて新たに計算して求めた電圧指令値との間の値にすることを特徴とする請求項9に記載したモータ制御装置。

[請求項13]

モータへ供給する駆動電圧によりモータの相電流を制御するモータ制御装置が行うモータ制御方法であって、

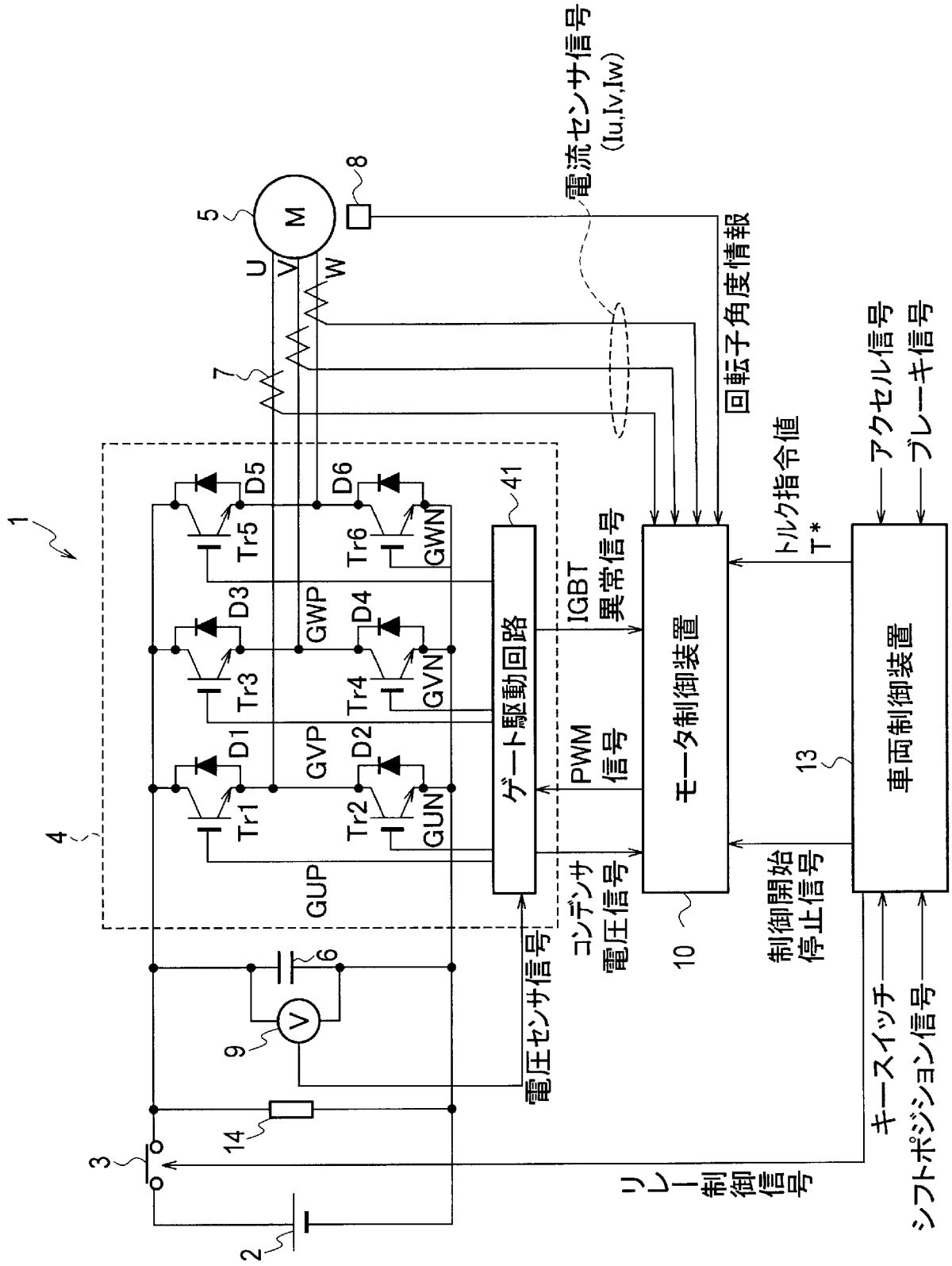
前記駆動電圧の状態を、前記制御を停止している停止状態、前記制御を実施している開始状態、或いは起動状態へ切り替える制御起動停止判定過程と、

前記制御起動停止判定過程で切り替える状態に基づいて前記駆動電圧を制御する駆動電圧制御過程と、を行い、

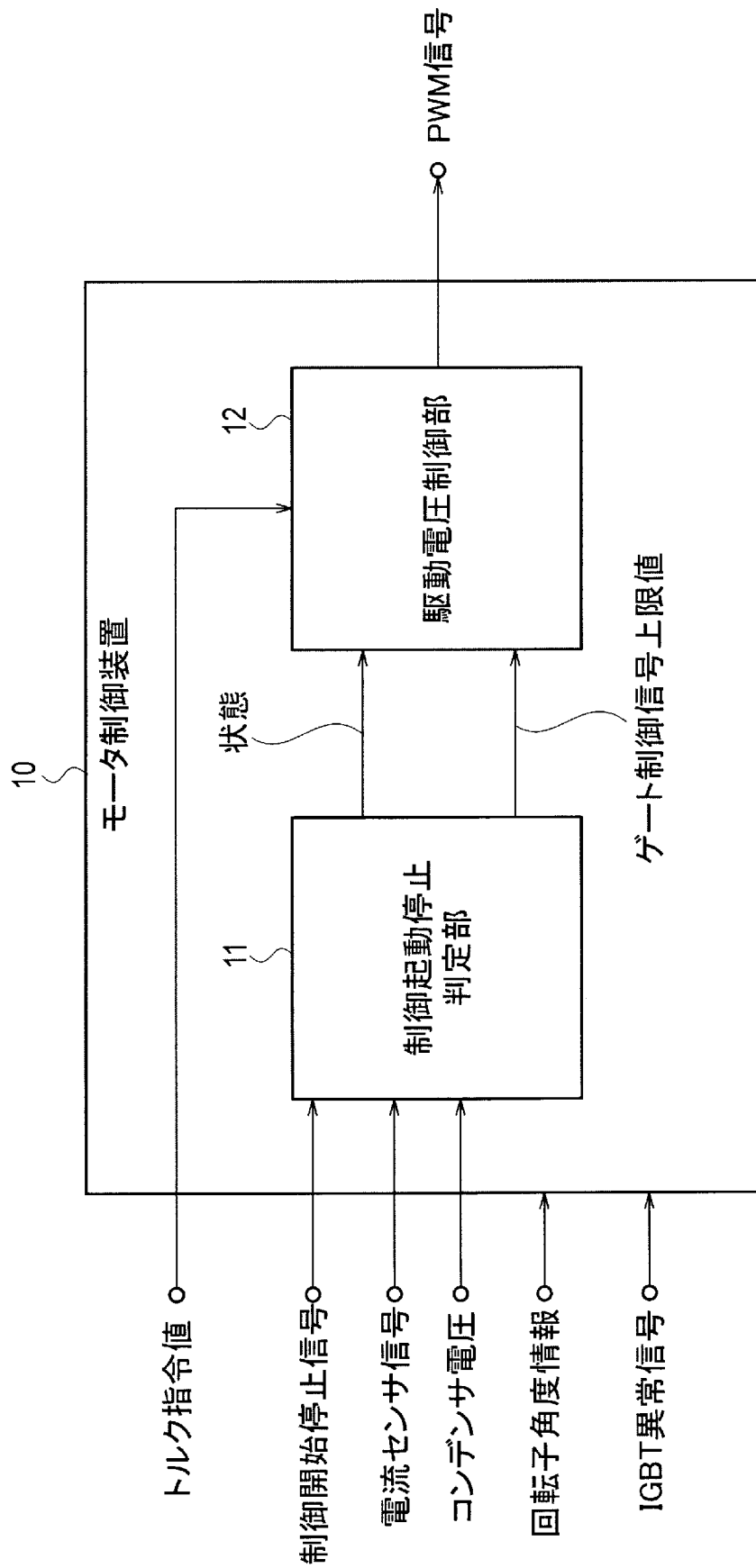
前記制御起動停止判定過程は、前記停止状態から前記開始状態へ遷移する時、前記停止状態と前記開始状態の間で前記起動状態へ切り替え、

前記駆動電圧制御過程は、前記起動状態において、前記相電流が経過時間に応じて増加、又は減少するように前記駆動電圧を制御することを特徴とするモータ制御方法。

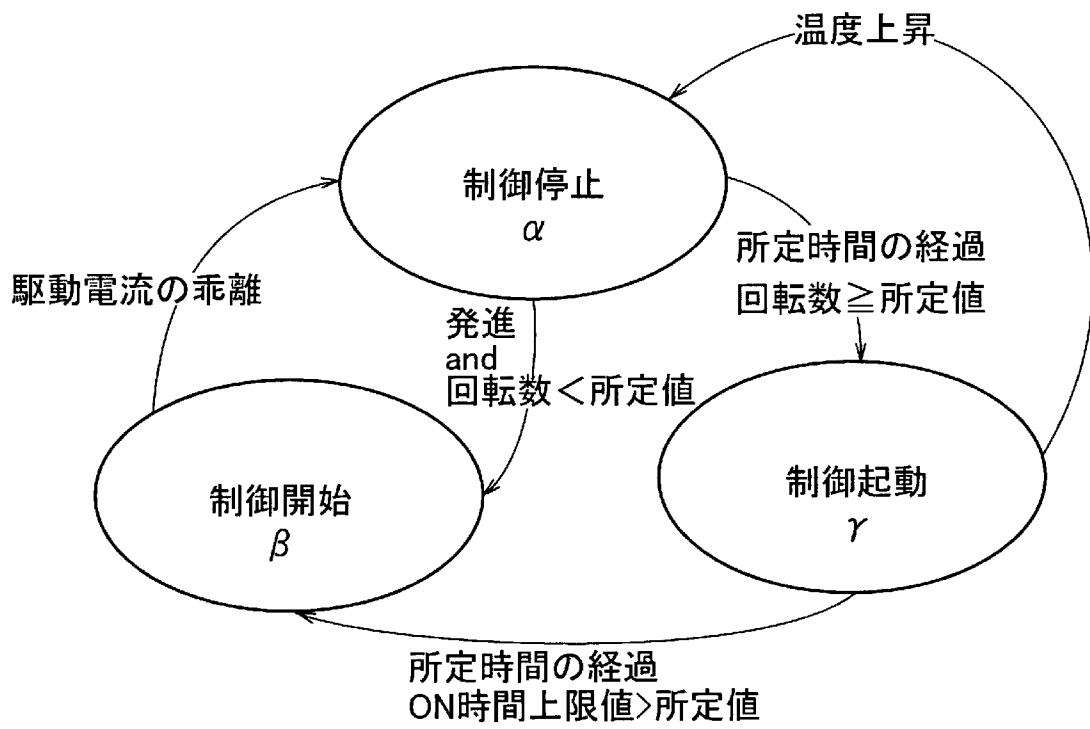
[図1]



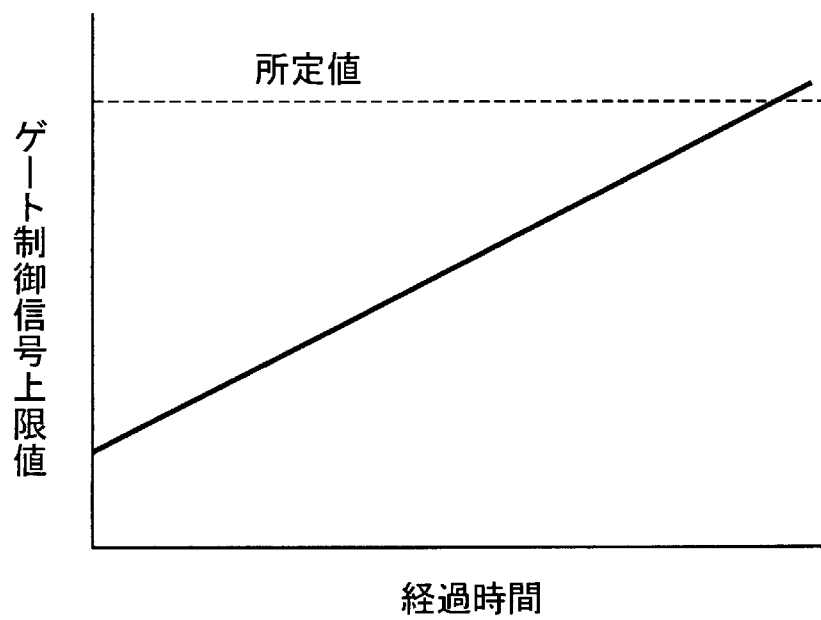
[図2]



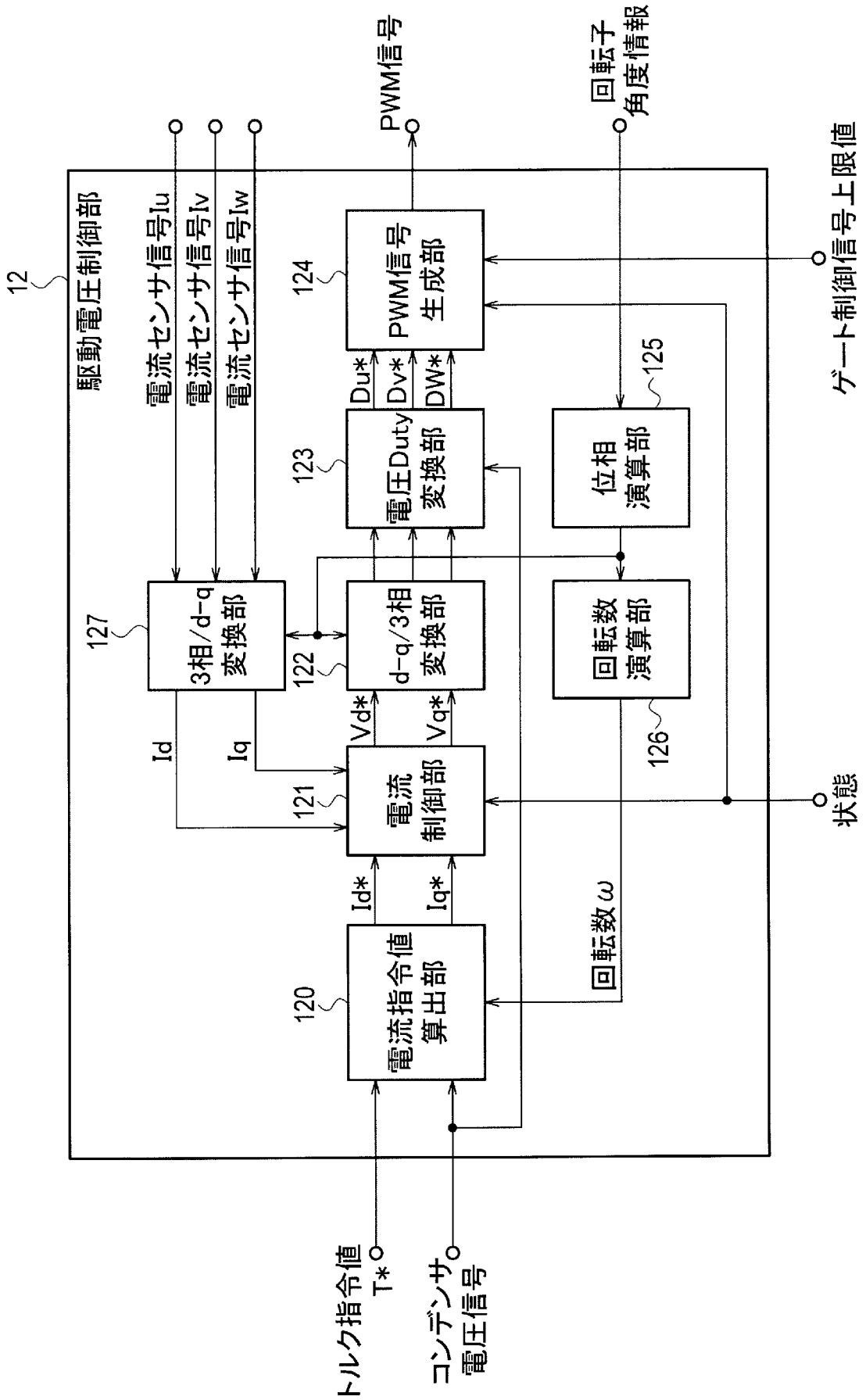
[図3]



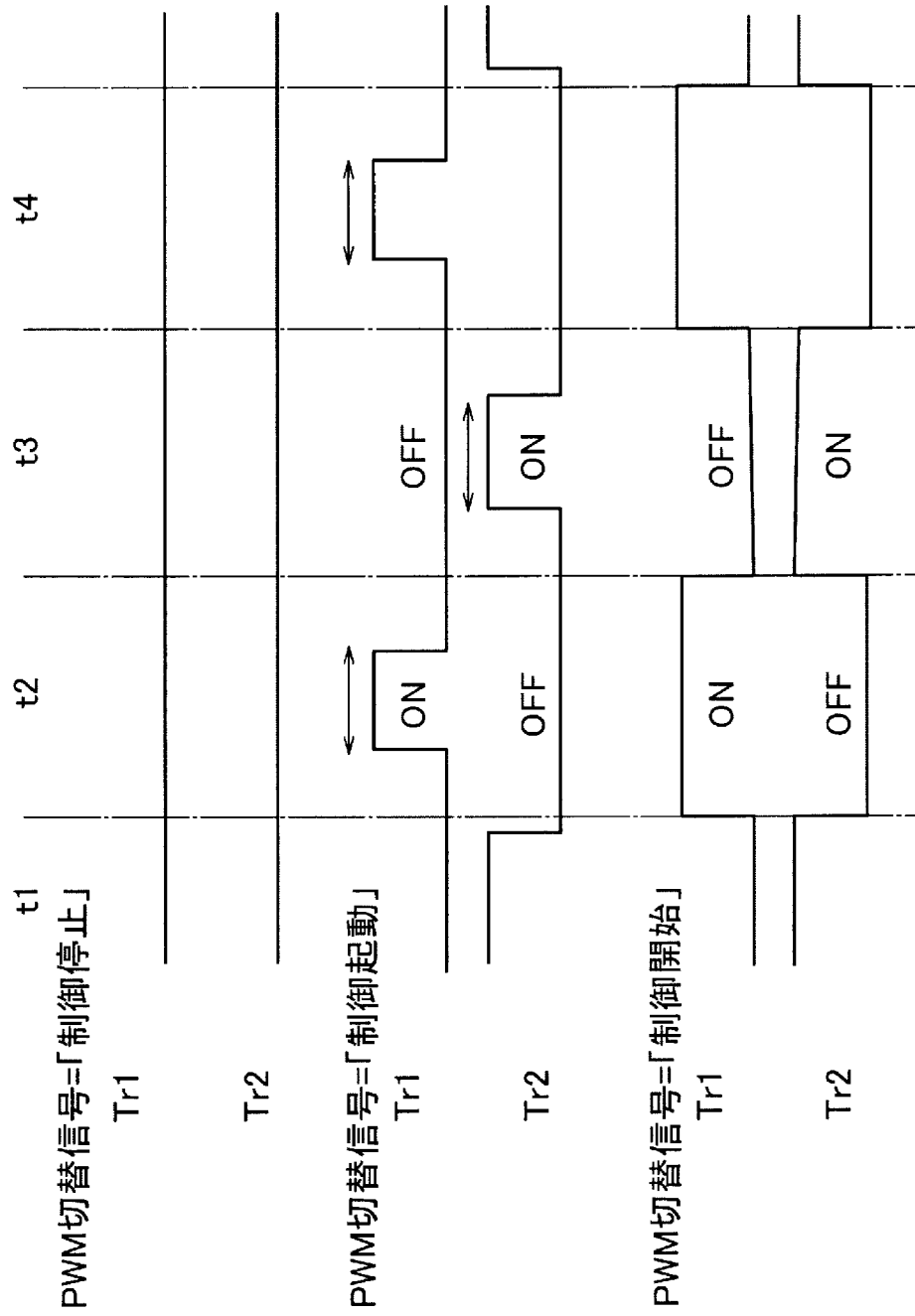
[図4]



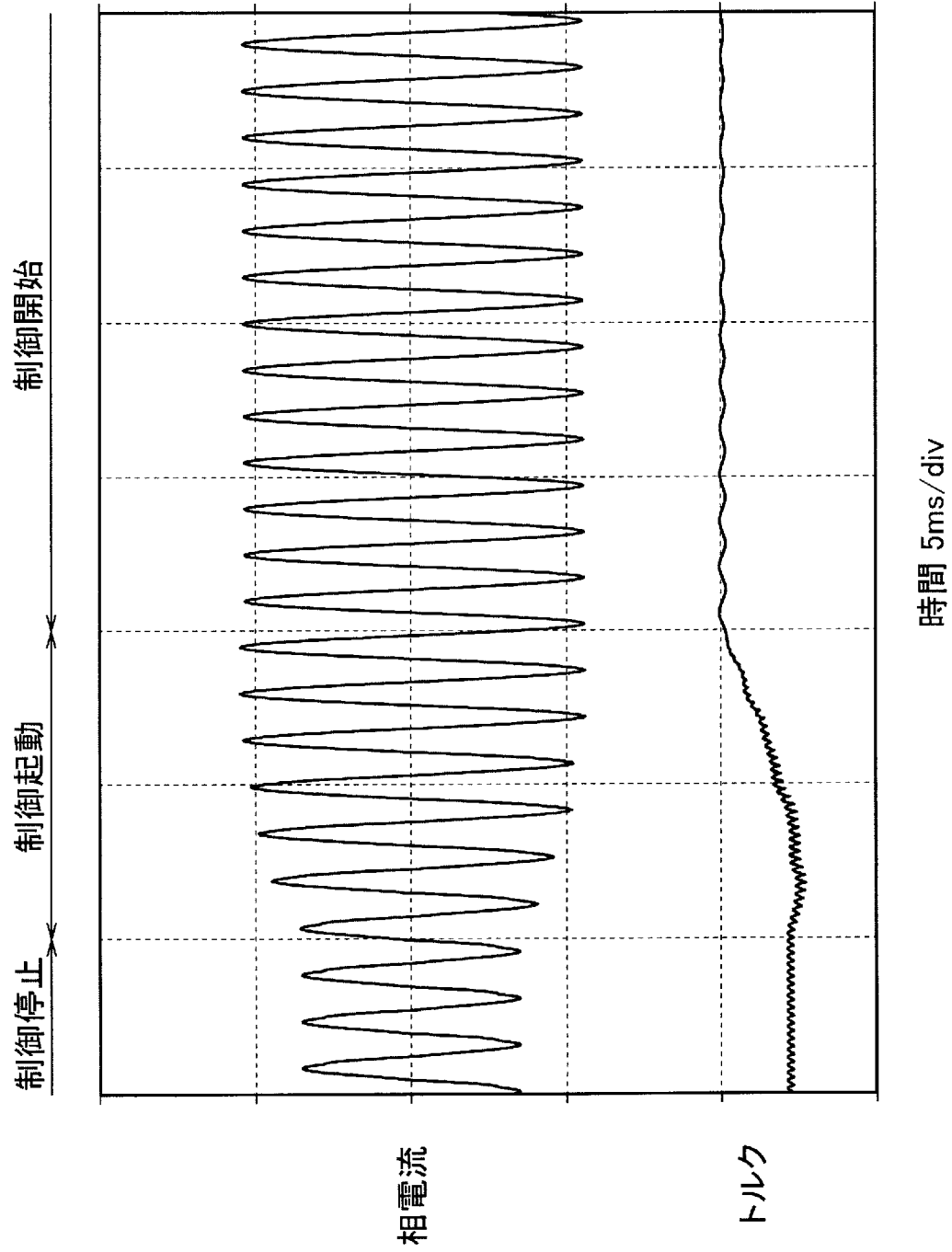
[図5]



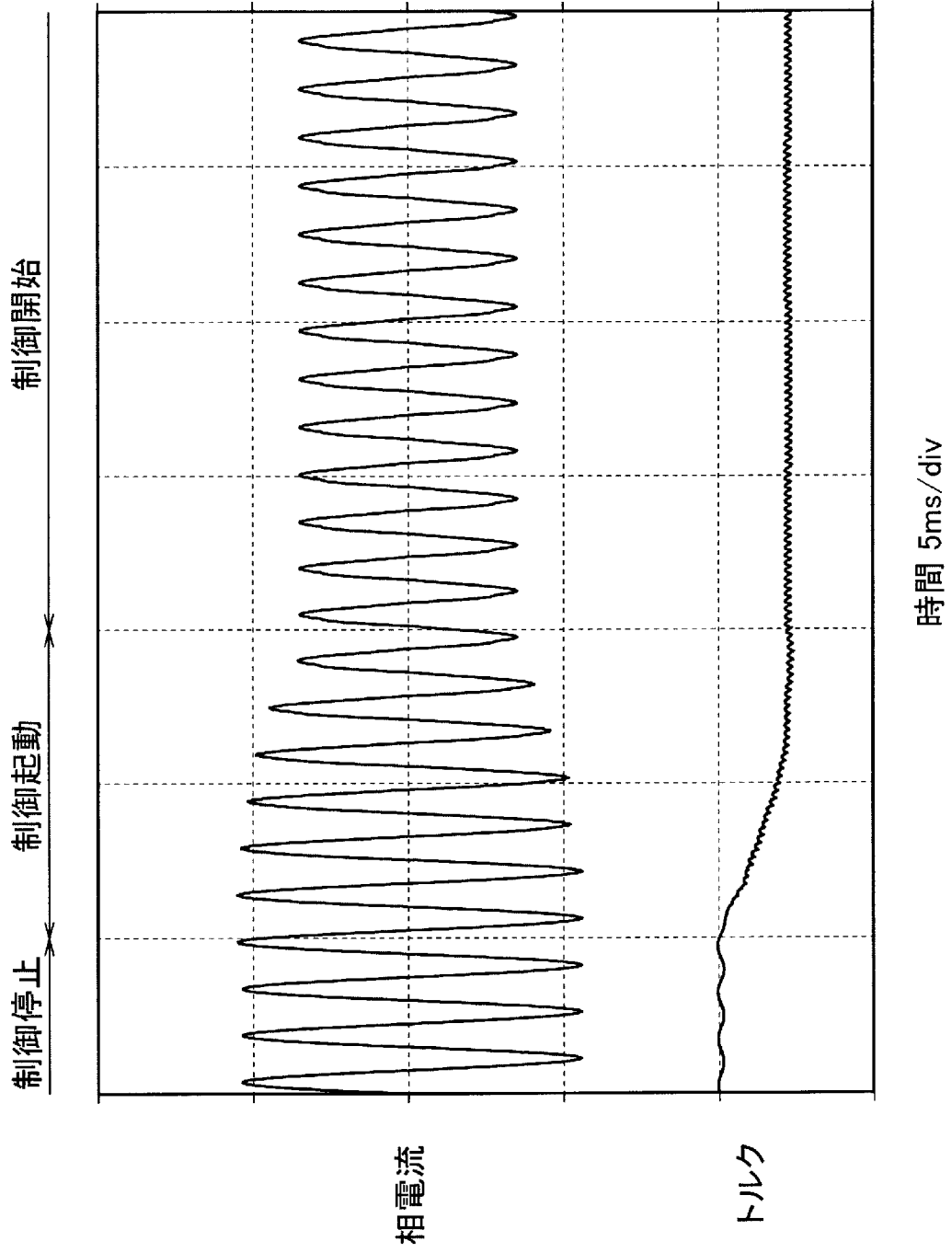
[図6]



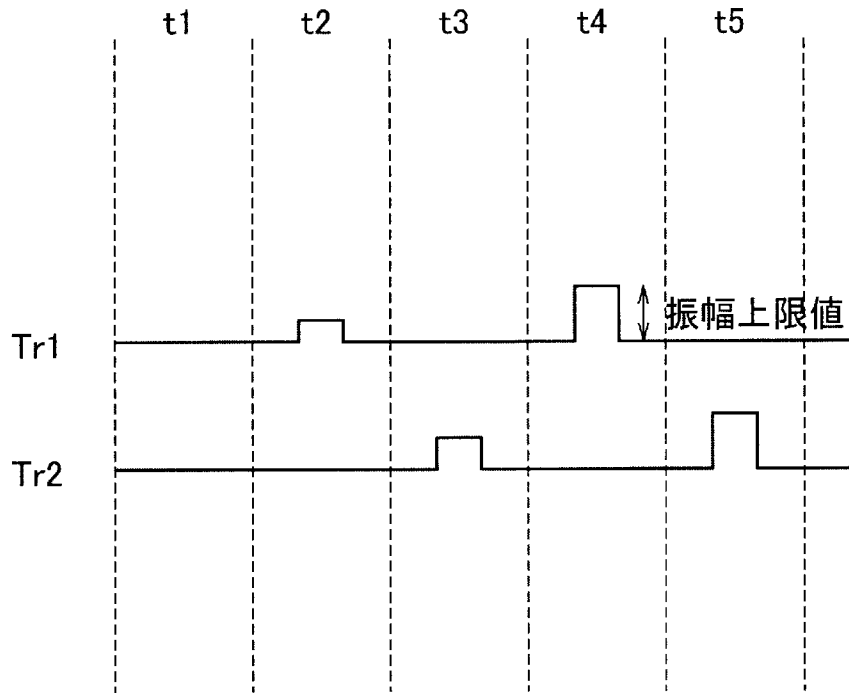
[図7]



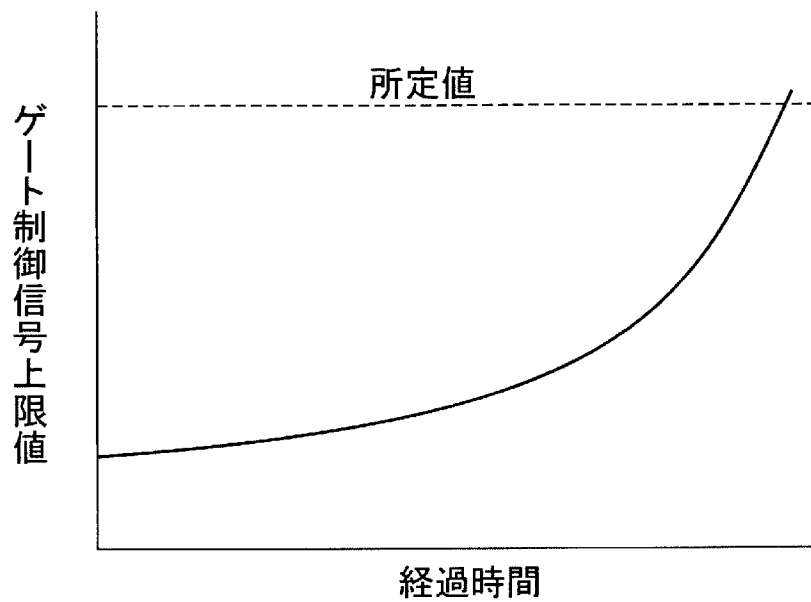
[図8]



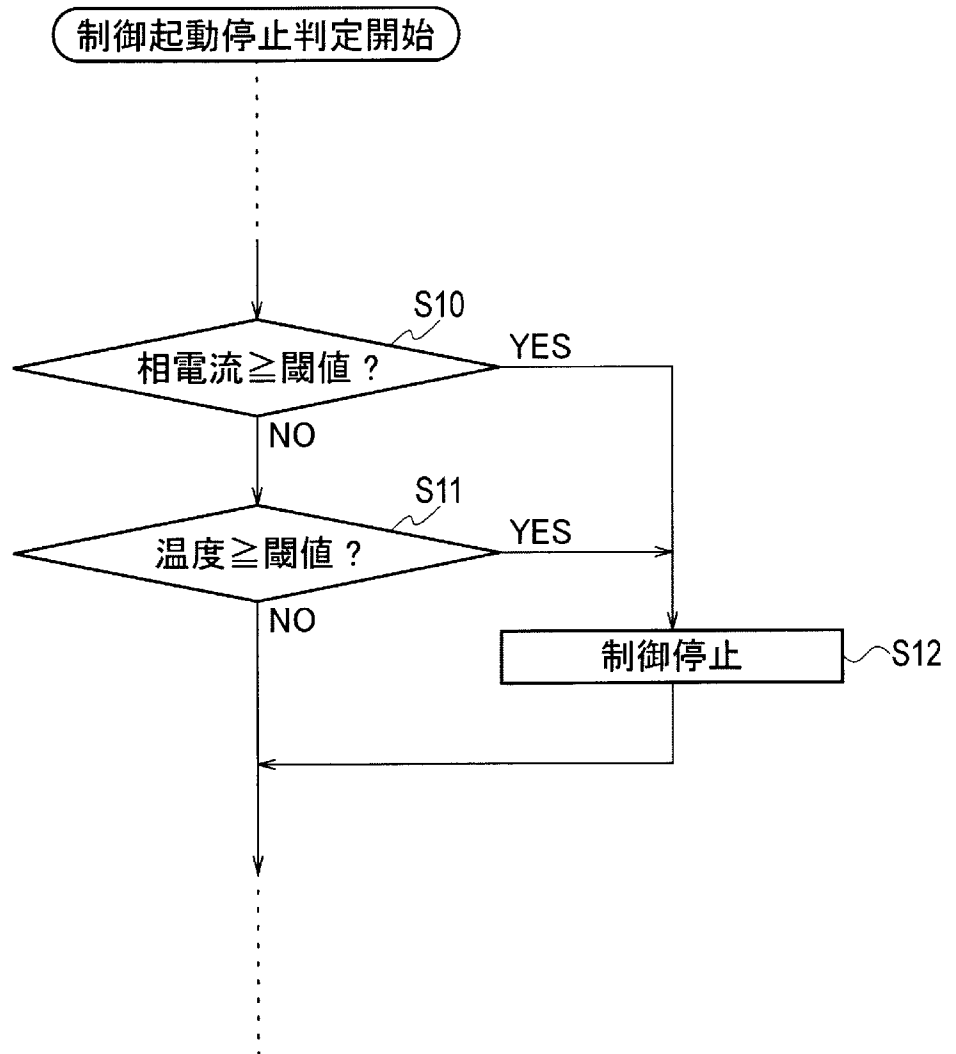
[図9]



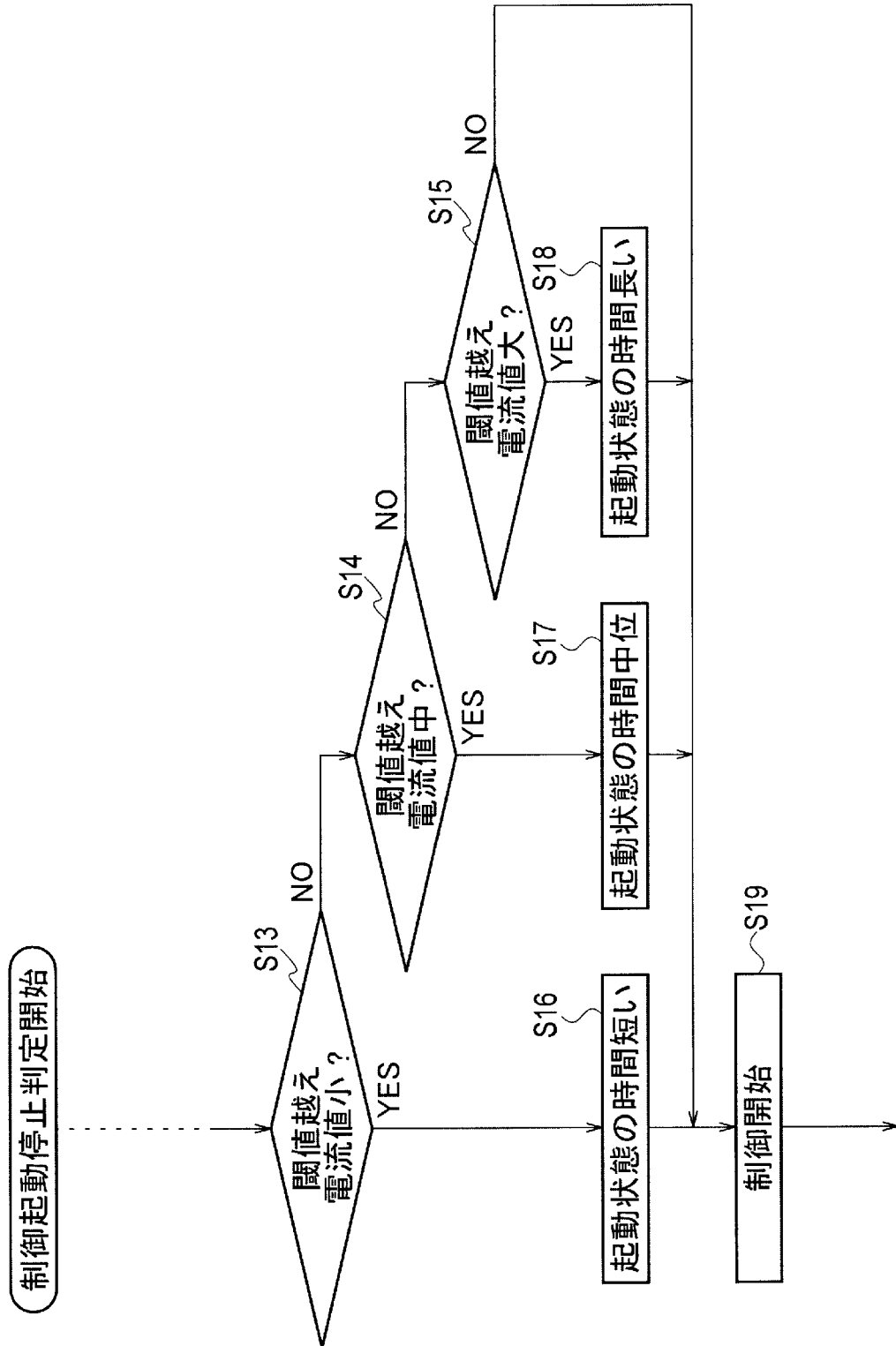
[図10]



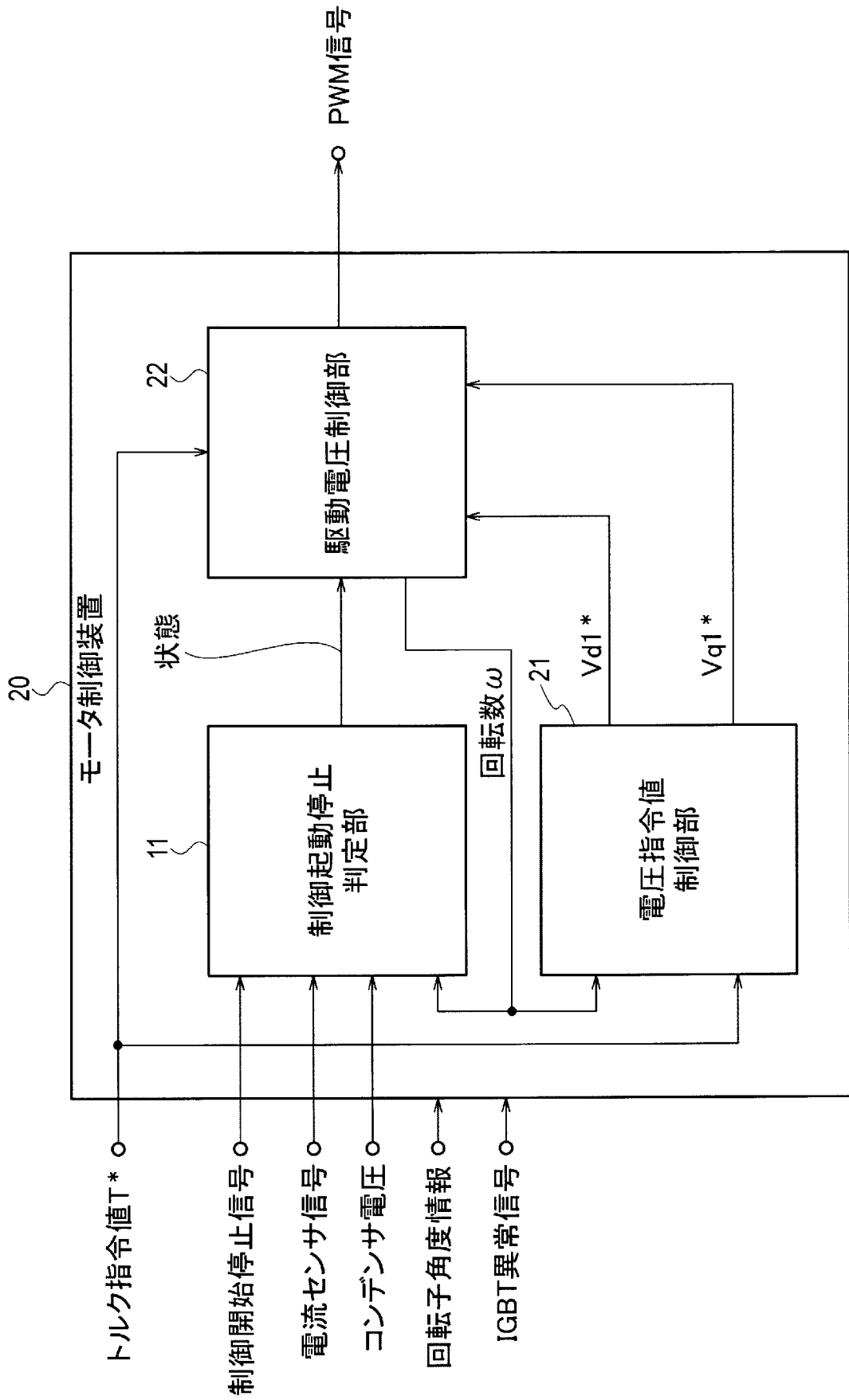
[図11]



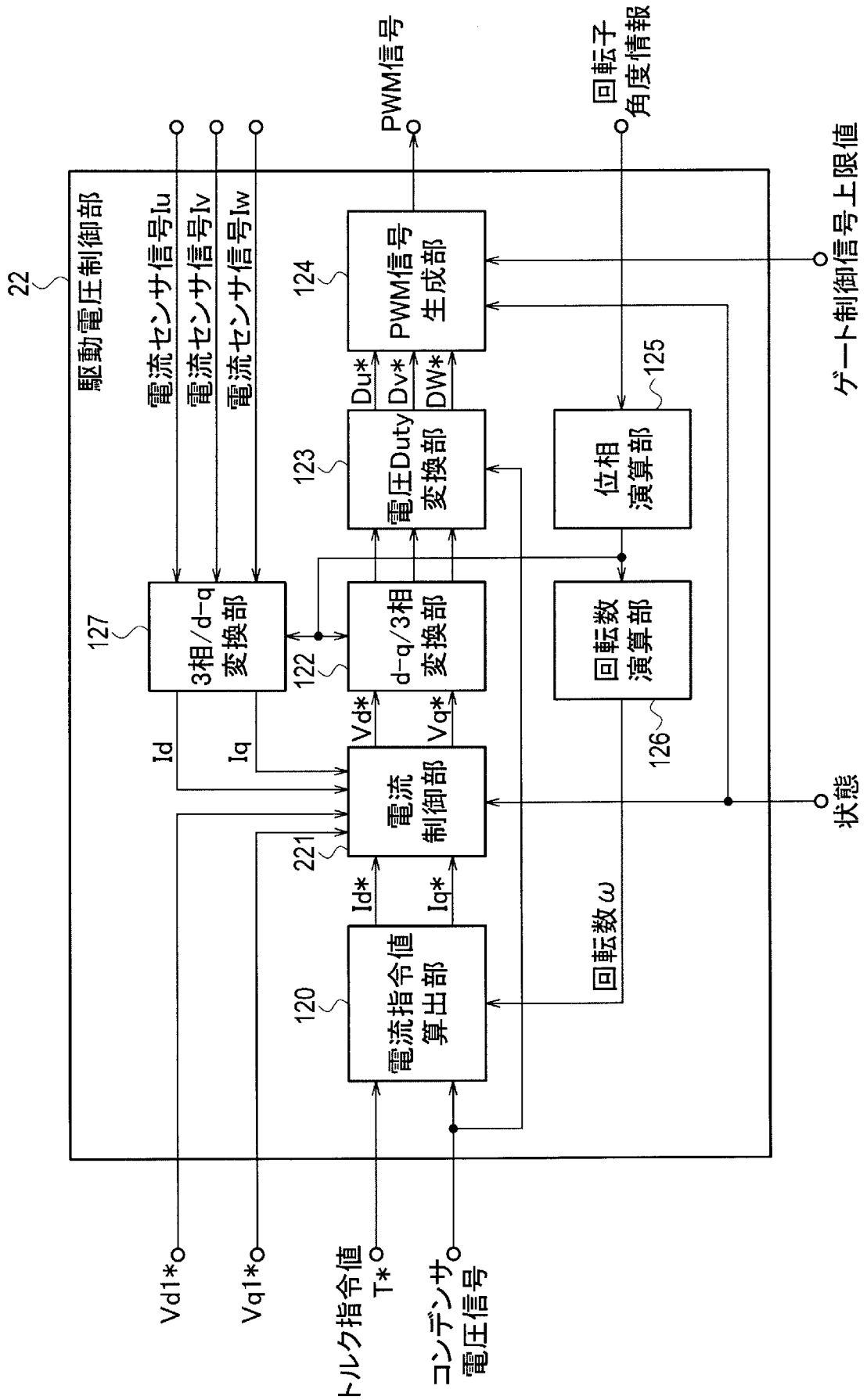
[図12]



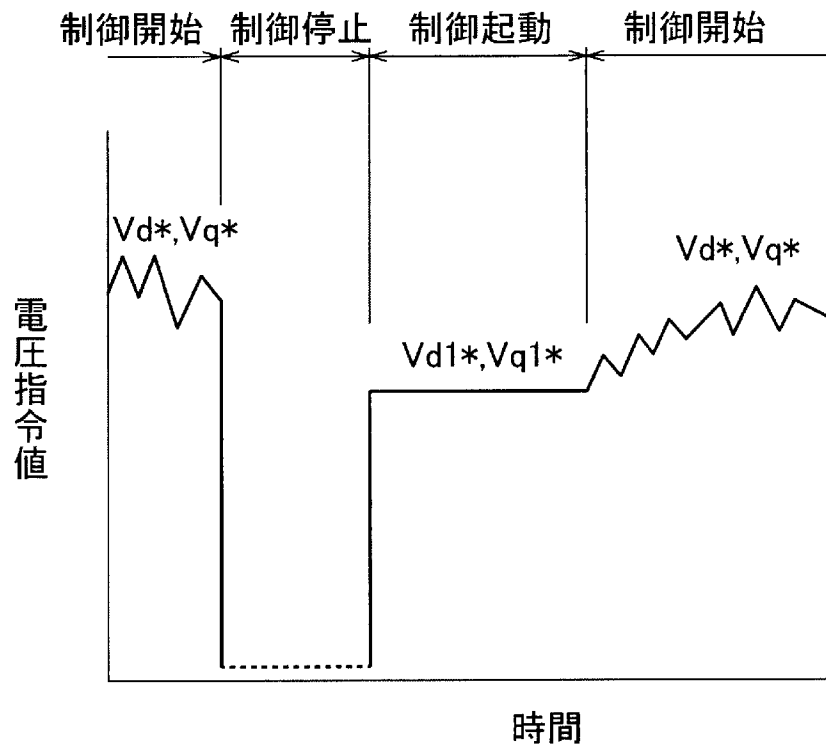
[図13]



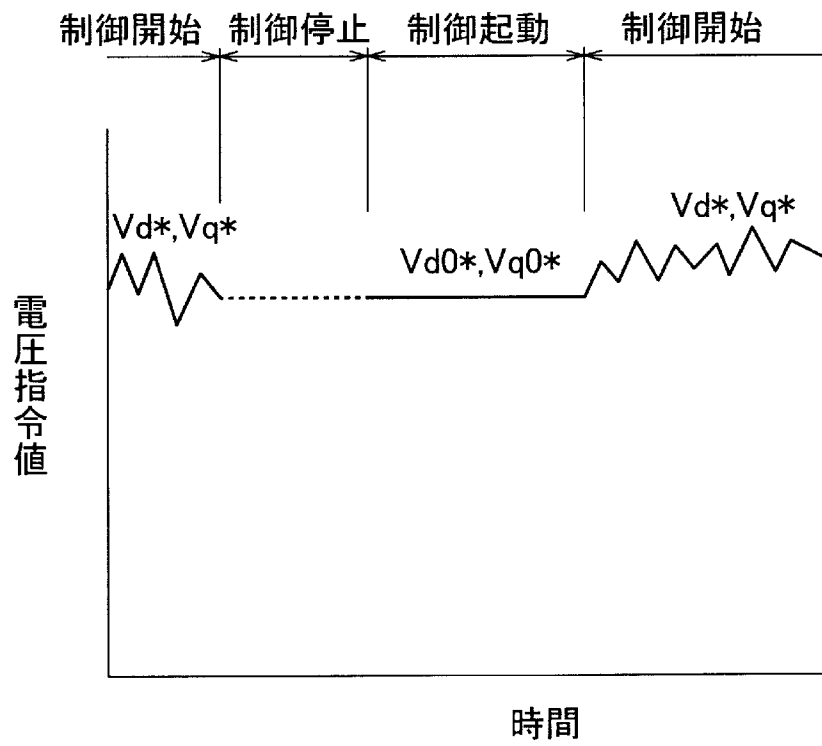
[図14]



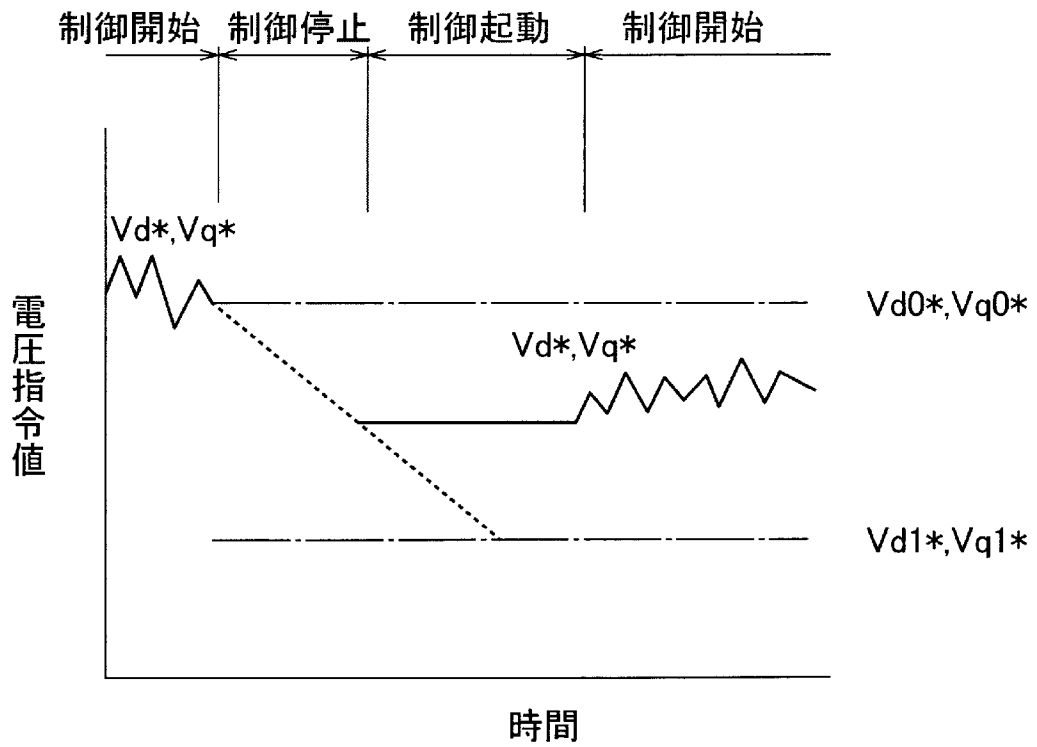
[図15]



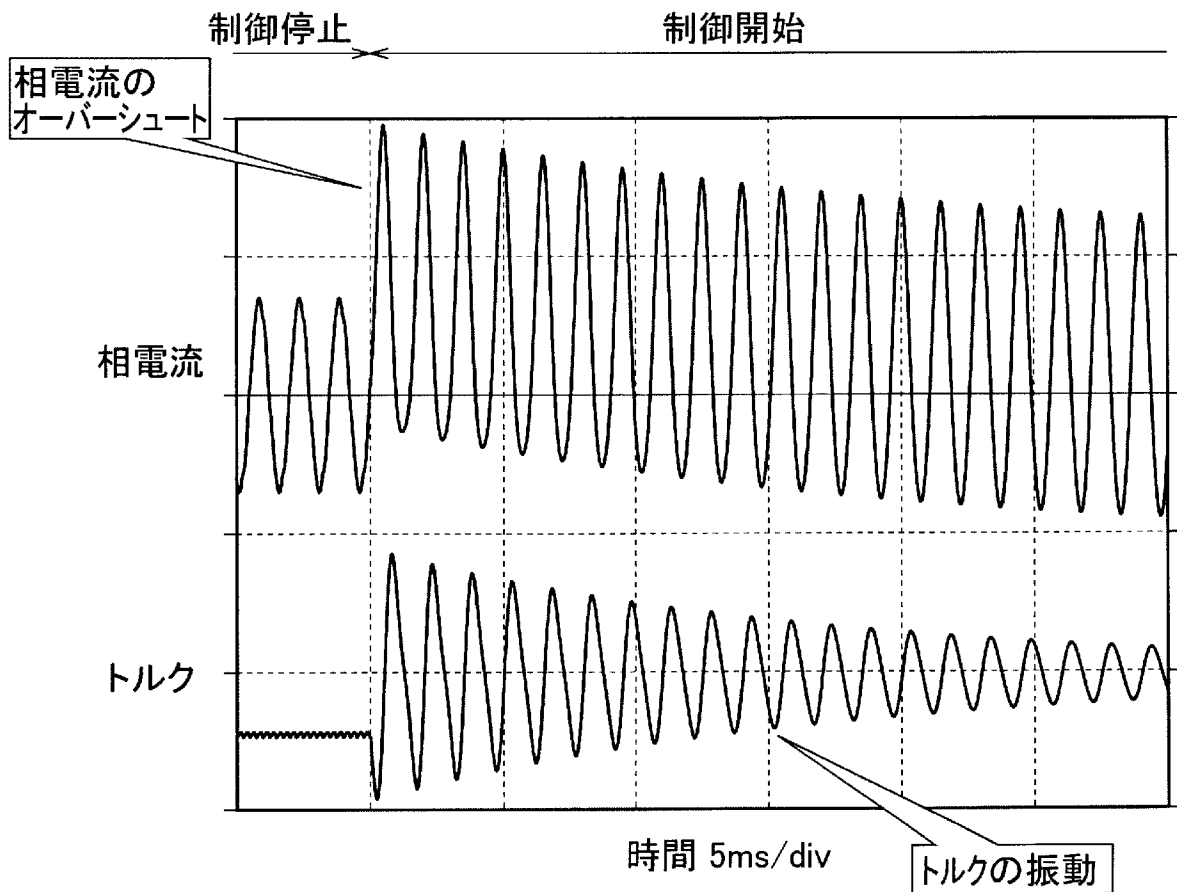
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/064599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P27/08(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)
H02P27/08

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 11-252990 A (Fanuc Ltd.), 17 September 1999 (17.09.1999), paragraphs [0002] to [0024]; fig. 1 to 2 & US 6177774 B1 & EP 0939473 A2 & DE 69933253 T2	1-3, 13 4-12
Y A	JP 2008-271694 A (Rohm Co., Ltd.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0048] to [0056]; fig. 1 & US 2008/0272724 A1 & CN 101309060 A & TW 200845560 A	1-3, 13 4-12
Y A	JP 2007-104768 A (NEC Electronics Corp.), 19 April 2007 (19.04.2007), paragraphs [0043] to [0047]; fig. 4 & US 2007/0075674 A1 & DE 102006043878 A1	3 1-2, 4-13

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 30 July 2015 (30.07.15)	Date of mailing of the international search report 11 August 2015 (11.08.15)
--	---

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. H02P27/08(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 (IPC))

Int.Cl. 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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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 A	JP 11-252990 A (ファナック株式会社) 1999.09.17, 段落 [0002] - [0024], [図1] - [図2] & US 6177774 B1 & EP 0939473 A2 & DE 69933253 T2	1-3, 13 4-12
Y A	JP 2008-271694 A (ローム株式会社) 2008.11.06, 段落 [0048] - [0056], [図1] & US 2008/0272724 A1 & CN 101309060 A & TW 200845560 A	1-3, 13 4-12

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

30.07.2015

国際調査報告の発送日

11.08.2015

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)

仲村 靖

3V

5561

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
Y A	JP 2007-104768 A (NECエレクトロニクス株式会社) 2007.04.19, 段落 [0043] - [0047]、[図4] & US 2007/0075674 A1 & DE 102006043878 A1	3 1-2, 4-13