

(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
2018年9月7日(07.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/159341 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/64 (2016.01) H02P 21/22 (2016.01)
B25J 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/005643
- (22) 国際出願日: 2018年2月19日(19.02.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-038341 2017年3月1日(01.03.2017) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207

大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 中田 広之 (NAKATA Hiroyuki), 橋本 敦実 (HASHIMOTO Atsumi), 山本 良祐 (YAMAMOTO Ryosuke), 本内 保義 (HONUCHI Yasuyoshi).

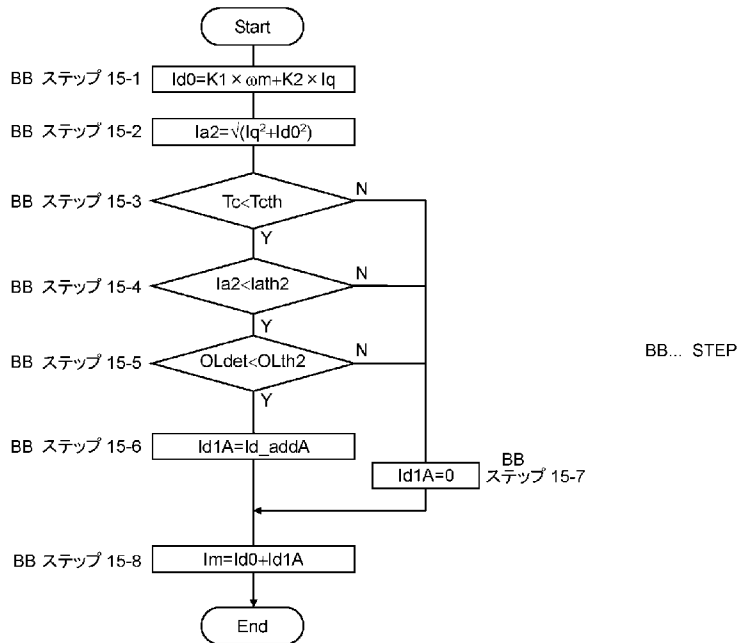
(74) 代理人: 鎌田 健司, 外 (KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: ROBOT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ロボットの制御方法

【図15】



(57) Abstract: Disclosed is a robot control method for controlling, using a servomotor, motions of a robot arm. In this robot control method, in the cases where an outside air temperature is at a predetermined value or lower (step 15-3), the absolute value of a motor current command is a predetermined value or less (step 15-4), and an overload detection value is a predetermined value or less (step 15-5), a d-axis current is added to the motor current command (step 15-6, step 15-8).

WO 2018/159341 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : サーボモータを用いてロボットアームの運動制御を行うロボットの制御方法であって、外気温が所定値以下であり (ステップ15-3)、かつモータ電流指令の絶対値が所定値以下であり (ステップ15-4)、かつ過負荷検出値が所定値以下 (ステップ15-5) である場合に、前記モータ電流指令にd軸電流を加算するようにした (ステップ15-6、ステップ15-8)、ロボットの制御方法。

明 細 書

発明の名称： ロボットの制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、ロボットの制御方法に関し、低温時の減速機グリス粘性摩擦増大に起因するロボット動作不良を減少させるロボットの制御方法に関する。

背景技術

[0002] 減速機を介してサーボモータを駆動させて部品を動作させる制御機器においては、気温が5℃を下回る低温時に、減速機に使用されているグリス（以下、「減速機グリス」と記載する）の粘性が高くなって粘性摩擦が増大することがある。そうすると、サーボモータの発生トルクが摩擦で相殺され、駆動トルクが不足して満足な性能が得られなくなる場合がある。

[0003] そこで、サーボモータのトルクを発生させる電流（以下q軸電流という）ではなく、無効成分電流（以下d軸電流という）を流し、モータを発熱させることにより、減速機グリスの粘性摩擦を減少させる方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4292871号公報

発明の概要

[0005] しかしながら、上記の特許文献1の技術では、温度センサとq軸電流の大きさとから加算するd軸電流の大きさを決定している。そのため、元々弱め界磁制御でd軸電流を流している場合は、更にd軸電流が追加されることになり、皮相電流（q軸電流とd軸電流とのベクトル和）が許容最大値を超えてしまって、モータ磁石の減磁を招く恐れがある。

[0006] また、一般に、ロボットを制御する制御装置には、減速機の故障や外部との接触等によって生じる過負荷によるモータの過加熱を防ぐために、過負荷検出機能が搭載されている。過負荷検出には皮相電流が用いられるため、過

負荷検出機能を考慮せずに d 軸電流を加算すると、皮相電流が増加し、誤って過負荷が検出されることがある。そうすると、モータの過加熱を防ぐために、ロボットが停止する可能性がある。

[0007] 本開示はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、モータ減磁および過負荷検出エラーを発生させることなく、モータの発熱により、低温時における減速機グリスの粘性摩擦を低減することができるロボットの制御方法を提供することにある。

[0008] 上記の目的を達成するために、ここに開示する技術では、モータ電流指令の絶対値および過負荷検出レベルが所定値以下の場合に d 軸電流を加算する。これにより、モータ減磁および過負荷を発生させることなく、モータの発熱により、低温時の減速機グリス摩擦低減を行う。そのため、皮相電流が許容最大値を超えることなく、さらに過負荷検出エラーによるロボット停止を発生させることなく、低温時における減速機グリスの粘性摩擦を低減することができる。

[0009] 以上説明したように、本開示のロボットの制御方法によると、モータ減磁および過負荷エラーを発生させることなく、モータの発熱により、低温時における減速機グリスの粘性摩擦を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図 1 は、本実施の形態における垂直多関節 6 軸ロボットの概略構成を示す図である。

[図2]図 2 は、本実施の形態における垂直多関節のロボットの位置制御に関する構成を示すブロック図である。

[図3]図 3 は、従来のサーボ制御部の構成を示すブロック図である。

[図4]図 4 は、従来のモータ指令電流 I_m のベクトルを説明するための図である。

[図5]図 5 は、図 3 の d 軸加算 0 ブロックの詳細を示す図である。

[図6]図 6 は、従来のサーボ制御部の構成を示すブロック図である。

[図7]図 7 は、図 6 の d 軸加算 1 ブロックの詳細を示す図である。

[図8]図8は、図7における動作を説明するフローチャートである。

[図9]図9は、従来のモータ指令電流のベクトルを説明するための図である。

[図10]図10は、従来のモータ指令電流が最大許容値を越えるのを説明するための図である。

[図11]図11は、本実施の形態における過負荷検出のフローチャートである。

[図12]図12は、本実施の形態におけるモータ時限曲線を表した図である。

[図13]図13は、本実施の形態におけるサーボ制御部の構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、図13におけるd軸加算2ブロックの詳細を示す図である。

[図15]図15は、図14における動作を説明するフローチャートである。

[図16]図16は、 $I_a 2 < I_a t h 2$ が成立する場合の電流ベクトルを説明するための図である。

[図17]図17は、本実施の形態におけるモータ指令電流 I_m のベクトルを説明するための図である。

[図18]図18は、本実施の形態における過負荷検出値、モータ指令電流の絶対値およびd軸電流加算設定値の推移を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎない。

[0012] 図1は、本実施の形態に係る垂直多関節6軸ロボットの概略構成を示す図である。同図に示すように、垂直多関節6軸ロボットは、ロボットメカ61とロボット制御装置62とから構成される。ここで、ロボットメカ61は、図示しない複数のアームおよび関節軸を有しており、各関節軸の近傍に設けられた減速機を用いて各アームを駆動するものである。

[0013] 図2は、ロボットメカ61とロボット制御装置62との内部構成を示すブロック図である。ここでは特に、垂直多関節6軸ロボットの位置制御に関する

る構成を記載している。

[0014] 図2に示すように、ロボット制御装置62の内部には、操作・表示部63、メイン制御部64、および、第1のサーボ制御部65から第6のサーボ制御部が設けられている。操作・表示部63は、ロボットメカ61のアーム等の移動に関する指示を受け付ける。メイン制御部64は、ロボットメカ61のアーム等の移動の軌跡を記憶している。そして、操作・表示部63が指示を受け付けると、その指示に対応する移動の軌跡に従い、ロボットの各軸（例えば6軸）の位置指令 θ_{com1} から θ_{com6} を、ロボットの各軸に出力する。すると、その位置指令に追従するように、ロボットの各軸の第1のサーボ制御部65から第6のサーボ制御部が、ロボットメカ61内の第1のモータ66から第6のモータをそれぞれ制御する。各モータのそれぞれには減速機53が設けられている。

[0015] ここでは、本実施形態のサーボ制御部65について説明する前に、従来のサーボ制御部について説明する。

[0016] 図3は、従来のサーボ制御部の構成を示すブロック図である。位置制御ブロック6は、位置指令 θ_{com} とモータ位置フィードバック θ_m との差分値に、位置比例ゲイン5を乗じて、速度ループ指令 ω_{com} を生成する。モータ位置フィードバック θ_m は、モータに取り付けられた位置検出器であるエンコーダ51から得られる。

[0017] 速度制御ブロック10は、速度ループ指令 ω_{com} とモータ速度フィードバック ω_m との差分値に、速度比例ゲイン8を乗ずる。モータ速度フィードバック ω_m は、モータ位置フィードバック θ_m を微分要素32で微分して得られる。さらにその差分値の積分値に速度積分ゲイン9を乗じたものを、速度比例ゲイン8を乗じた値に加算して、モータトルク電流指令 I_q を生成する。

[0018] ここで、モータを高速回転で駆動する場合、弱め界磁制御が必要となる場合がある。弱め界磁制御を行うと、モータ回転に比例して増大するモータ逆起電力を弱めることができる。すなわち高速回転時でもモータ逆起電力と電

源電圧との差が保たれるので、モータに電流を流すことが可能となり、モータを駆動できることになる。

[0019] 通常、弱め界磁制御は、モータ無効電流成分の弱め界磁電流指令 I_{d0} をモータトルク電流指令 I_q にベクトル加算することで実現する。このときモータ指令電流 I_m は以下の（式1）で計算できる。

$$[0020] \quad I_m = I_q + j \times I_{d0} \quad (\text{式1})$$

ただし、 j ：虚数単位（無効成分を表す）

この計算は、図3のd軸電流加算0ブロック100で実行される。（式1）をベクトル図で示すと図4となる。図5はd軸電流加算0ブロック100の詳細を示したブロック図である。

[0021] 図5に示すように、弱め界磁電流指令 I_{d0} は、モータ速度フィードバック ω_m とモータトルク電流指令 I_q とを用いて計算される。モータ駆動の速度およびトルクが大きくなるほど、弱め界磁の効果を大きくする（モータの逆起電力をより抑える）必要がある。弱め界磁の効果を大きくするためには、弱め界磁電流指令 I_{d0} を大きくする必要がある。弱め界磁電流指令 I_{d0} は、例えば以下の（式2）で計算できる。

$$[0022] \quad I_{d0} = k_1 \times \omega_m + k_2 \times I_q \quad (\text{式2})$$

ただし、 k_1 ：速度比例係数、 k_2 ：トルク比例係数

ここで、ロボットが停止状態であると、重力が印加されていない軸では $\omega_m = 0$ 、 $I_q = 0$ となり、 $I_{d0} = 0$ 、 $I_m = 0$ となる場合がある。この場合はモータに電流が流れないので、モータは発熱しない。低温状態で減速機グリスが固まっている場合は固まった減速機グリスを加熱することができない。

[0023] そこで特許文献1では、温度センサ及びモータトルク電流指令 I_q に従ってd軸電流加算値 I_{d1} を決定し、モータ停止時でも無効電流成分を流すことでモータを発熱させる。これにより、減速機グリスを加熱して、減速機グリスの粘性摩擦を減少させる方法が提案されている。

[0024] 図6は、従来のサーボ制御部の構成を示すブロック図である。図3との相

違は、エンコーダ52が温度センサを内蔵しており、温度センサ値 T_c を出力している点、およびd軸電流加算0ブロック100の代わりに、d軸電流加算1ブロック150を備えている点である。

[0025] 図7は、d軸電流加算1ブロック150の詳細を示したブロック図である。図8は、d軸電流加算1ブロック150の動作を示したフローチャートである。

[0026] 図8のステップ8-1では、弱め界磁電流指令 I_{d0} を計算する。ステップ8-1は、図7の弱め界磁ブロック102で実行される。

[0027] ステップ8-2では、温度センサ値 T_c が温度センサ閾値 T_{cth} 未満であるか判断する。温度センサ値 T_c が温度センサ閾値 T_{cth} 未満であればステップ8-3へ進み、それ以外ではステップ8-5へ進む。

[0028] ステップ8-3では、モータトルク電流指令 I_q の絶対値がモータトルク電流閾値 I_{qth} 未満であるか判断する。モータトルク電流指令 I_q の絶対値がモータトルク電流閾値 I_{qth} 未満であればステップ8-4へ進み、それ以外ではステップ8-5へ進む。

[0029] ステップ8-4ではd軸電流加算値 I_{d1} にd軸電流加算設定値 I_{dad} を設定する。

[0030] 一方、ステップ8-5では軸電流加算値 I_{d1} に「0」を設定する。

[0031] 以上、ステップ8-2~8-5は、図7のd軸加算判定1ブロック104で実行される。

[0032] ステップ8-6では、モータ指令電流 I_m が以下の(式3)で計算される。

$$[0033] \quad I_m = I_q + j \times (I_{d0} + I_{d1}) \quad (\text{式3})$$

図9は、 $\omega_m = 0$ 、 $I_q = 0$ および $I_{d0} = 0$ の状態（すなわち、ロボットが停止かつ重力が印加されていない状態）で、温度センサ出力値 $T_c < T_{cth}$ 、すなわち低温の場合のベクトル図を示している。このとき、(式2)および(式3)より、モータ指令電流 $I_m = j \times I_{d1}$ となるので、モータに無効成分電流が流れ、モータが加熱されることになる。

[0034] モータが加熱されることにより、低温で固まった減速機グリスを加熱して、減速機グリスの粘性摩擦を減少させることができる。

[0035] しかしながら、この方法では、元々弱め界磁でd軸電流を流している場合（ $I_{d0} \neq 0$ の場合）、モータ指令電流 I_m が最大許容値を越えたり、過負荷エラーが発生する可能性がある。

[0036] モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a は以下の（式4）で計算できる。

$$[0037] \quad I_a = |I_m| = \sqrt{I_q^2 + (I_{d0} + I_{d1})^2} \quad (\text{式4})$$

モータに流せる電流には最大許容値がある。モータ電流の絶対値が最大許容値を越えると、モータの巻線の損傷やモータの磁石の減磁が発生する恐れがある。

[0038] なお、d軸電流加算値 I_{d1} が加算される前に、既にモータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が最大許容値に到達している場合がある。モータトルク電流指令 I_q の絶対値がモータトルク電流閾値 I_{qth} 未満であっても、弱め界磁電流指令 I_{d0} が加算されることによりモータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が I_m 最大許容値に到達する場合がある。

[0039] ここへ低温対策のための無効電流であるd軸電流加算値 I_{d1} を加算すると、図10に示す様に、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a は I_m 最大許容値を越えてしまう。

[0040] つまり、特許文献1のように、モータトルク電流指令 I_q の監視だけでd軸電流加算値 I_{d1} を決定すると、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が I_m 最大許容値を越えてしまうことがある。そうすると、モータの巻線の損傷やモータの磁石の減磁が発生する可能性がある。

[0041] 続いて、過負荷検出機能について説明する。過負荷検出機能は、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a の時間積算値が、モータの巻線の温度上昇の限界値を超えない様に制御するために、過負荷を検出する機能である。

[0042] 図12は、モータ時限特性曲線を示す。モータ時限特性曲線の縦軸はモータ電流の出力時間であり、横軸はモータ電流値（最大比）である。図12の破線は、限界値特性を示している。限界値特性は、モータの巻線の温度上昇

が限界値に達したときの時間およびモータ電流値を示している。すなわち、モータの温度上昇が限界値に達するのは、モータ電流値が40%の場合は、モータ電流の出力時間が約100秒に達したときである。モータ電流値が50%の場合は、モータ電流の出力時間が約25秒に達したときである。モータ電流値が70%の場合は、モータ電流の出力時間が約8秒に達したときである。

[0043] そこで、過負荷検出機能では、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a の時間積分値がこの限界値以下になる様に過負荷検出を行う。

[0044] 図11は、過負荷検出のフローチャートである。この処理は一定周期 ΔT 毎に実行されるものとする。

[0045] ステップ11-1で、過負荷検出値 $OLdet$ を以下の(式5)で求める。

[0046]
$$OLdet = OLdet(n-1) + (I_a - I_{ath}) \times \Delta T$$
 (式5)

ただし、 I_{ath} : 過負荷検出電流閾値

ΔT : 過負荷検出周期

なお、(式5)の $OLdet(n-1)$ は、1周期前の過負荷検出値($OLdet$)である。ステップ11-2で、この過負荷検出値 $OLdet$ を第1過負荷閾値 $OLth$ と比較し、下記(式6)の条件が成立した時、過負荷と判定する。

[0047]
$$OLdet \geq OLth$$
 (式6)

ステップ11-2の判定が「Y」である場合、過負荷状態と判定し、ステップ11-3でモータを停止する。さらに、ステップ11-4で異常表示を行い、過負荷検出の処理を終了する。なお、異常表示は、ユーザに異常を通知するために、図2に示した操作・表示部63に「過負荷検出」と表示する。

[0048] ステップ11-2の判定が「N」の場合、過負荷状態では無いとの判定し、過負荷検出の処理を終了する。

[0049] 図12の実線は、過負荷検出閾値特性を示す。過負荷検出閾値特性は、一例として、 $I_{a t h} = 33$ および $O L t h = 100$ とした場合に、(式6)で $O L d e t = O L t h$ となるときの時間およびモータ電流値(最大比)を示している。過負荷検出閾値特性(実線)は限界値特性(破線)を下回る様に設定されている。これは、(式5)で示す過負荷検出値 $O L d e t$ の計算方法が妥当である事を示している。

[0050] 図6に戻り、気温が低い場合に生じる減速機グリスの粘性摩擦の問題について説明する。

[0051] 図6におけるモータ及び外力を示すブロック18を数式で表したものが下記の(式7)および(式8)である。減速機53が剛体であると仮定した場合、モータ駆動側から見たモータ発生トルク τ_m は(式7)で表され、負荷側から見たモータ発生トルク τ_m は(式8)で表される。

[0052] (式7)で I_m ではなく、 I_q を用いているのは、トルク発生に有効な成分は I_q だからである。(式8)で減速機出力位置 θ_L ではなく、モータの位置フィードバック θ_m の微分値 ω_m を用いているのは、減速機53が剛体であると仮定しているので、減速機出力位置 θ_L は単に位置フィードバック θ_m に減速比(比例係数)を乗じた値になるからである。

[0053]
$$\tau_m = K_t \times I_q \quad (\text{式7})$$

$$\tau_m = \tau_{d y n} + \tau_{d i s} + J_m \times \alpha_m + D \times \omega_m + \tau_{\mu} \quad (\text{式8})$$

ただし、

K_t : モータトルク定数

I_q : モータ電流

α_m : モータ角加速度 (ω_m の微分値)

ω_m : モータ角速度

J_m : モータイナーシャ (ロータ+減速機1次側)

D : 粘性摩擦係数

τ_{μ} : 動摩擦トルク

$\tau_{d y n}$: 動力学トルク (重力トルク、慣性力、遠心力、コリオ

り力の和)

τ_{dis} : 衝突トルク

ここで、動摩擦トルク τ_{μ} は以下の (式 9) で計算できる。

[0054]
$$\tau_{\mu} = K_{\mu} \times sgn \quad (\text{式 9})$$

ただし、 K_{μ} : 動摩擦の大きさ

sgn : 1 ($\omega_m > 0$)、または 0 ($\omega_m = 0$)、または
-1 ($\omega_m < 0$)

気温が低下して特に 5℃以下になると、(式 8) の粘性摩擦係数 D が飛躍的に増大する。そのため、負荷側の駆動に必要なモータ発生トルク τ_m も増大し、そのトルクを発生させるモータトルク電流指令 I_q も増大する。その結果、(式 4) で計算されるモータ指令電流 I_m の絶対値 I_a も増大する。

[0055] つまり、気温が 20℃前後の常温時とロボットの動作が同じであっても、5℃以下の低温時には、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が増加し、(式 6) で計算される過負荷検出値 OL_{det} も増大する。

[0056] ここへ低温対策として、 d 軸電流加算値 I_{d1} を加算すると、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a がさらに増大し、過負荷検出値 OL_{det} もさらに増大する。そして (式 6) の条件が成立するまで過負荷検出値 OL_{det} が増大すると、過負荷検出エラーが発生し制御機器が停止することになる。

[0057] そこで、モータ減磁および過負荷検出エラーを発生させることなく、低温時における減速機グリスの粘性摩擦を低減するために、以下に本実施の形態に係る第 1 のサーボ制御部 65 について説明する。

[0058] 図 13 は、本実施の形態の第 1 のサーボ制御部 65 の構成を示すブロック図である。図 6 との相違は、過負荷検出ブロック 204 を追加した点、および、 d 軸電流加算 1 ブロック 150 の代わりに d 軸電流加算 2 ブロック 200 を備える点である。

[0059] 図 14 は、 d 軸電流加算 2 ブロック 200 の詳細を示したブロック図である。図 7 との相違は、加算前絶対値演算ブロック 205 を設けた点である。

[0060] 図 15 は、図 14 の動作、すなわち本実施の形態のロボットの制御方法を

示したフローチャートである。

[0061] ステップ15-1では、図14の弱め界磁ブロック102で弱め界磁電流指令 I_{d0} を計算する。

[0062] ステップ15-2では、図14の加算前絶対値演算ブロック205にて、 d 軸電流加算前のモータ指令電流 I_m の絶対値 I_{a2} を(式10)で求める。

[0063]
$$I_{a2} = \sqrt{(I_q^2 + I_{d0}^2)} \quad (\text{式10})$$

ステップ15-3では、温度センサ値 T_c と温度センサ閾値 T_{cth} とを比較する。温度センサ値 T_c が温度センサ閾値 T_{cth} 未満であればステップ15-4へ進み、それ以外ではステップ15-7へ進む。

[0064] ステップ15-4では、ステップ15-2で算出した I_{a2} と電流絶対値閾値 I_{ath2} とを比較する。 I_{a2} が I_{ath2} 未満であればステップ15-5へ進み、それ以外ではステップ15-7へ進む。

[0065] ここで、図16は、 d 軸電流加算前のモータ指令電流 I_m の絶対値 I_{a2} が電流絶対値閾値 I_{ath2} 未満である場合の電流ベクトルを示している。ステップ15-4では、 d 軸電流加算前のモータ指令電流 I_m に後述する d 軸電流加算値 I_{d1A} が加算されても、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が最大許容値を越えないことを確認している。

[0066] 次に、ステップ15-5では、過負荷検出値 OL_{det} と第2過負荷閾値 OL_{th2} とを比較する。過負荷検出値 OL_{det} は図13の過負荷検出ブロック204で計算される。過負荷検出値 OL_{det} が第2過負荷閾値 OL_{th2} 未満であればステップ15-6へ進み、それ以外ではステップ15-7へ進む。なお、第2過負荷閾値 OL_{th2} の値は第1過負荷閾値 OL_{th} の値より低く設定されている。

[0067] ステップ15-6では、 d 軸電流加算値 I_{d1A} に d 軸電流加算設定値 I_{d_addA} を設定する。

[0068] 一方、ステップ15-7では、 d 軸電流加算値 I_{d1A} に「0」を設定する。

[0069] 以上ステップ15-3~15-7は、図14のd軸加算判定2ブロック202で実行される。

[0070] ステップ15-8では、モータ指令電流 I_m が以下の(式11)で計算される。

$$I_m = I_q + j \times (I_{d0} + I_{d1A}) \quad (\text{式11})$$

図17は、(式11)で計算されたモータ指令電流 I_m を示している。図17では、図16に I_{d1A} が加算されるが、モータ指令電流 I_m の絶対値 I_a が最大許容値を越えないことがわかる。

[0072] 続いて図18(a)~(c)を用いて、本実施の形態の過負荷検出について説明する。ここでは、ステップ15-3の条件($T_c < T_{ch}$)は常に成立しているものとする。

[0073] 図18(a)は過負荷検出値を示し、図18(b)はモータ指令電流の絶対値を示し、(c)はd軸電流加算設定値を示している。ここでは、時間 t_1 までは、ステップ15-5の条件($OL_{det} < OL_{th2}$)が成立している場合を例に説明する。

[0074] 時間 t_1 までは、ステップ15-4の条件($I_{a2} < I_{ath2}$)が成立している間は、ステップ15-6およびステップ15-8の処理が実行され、d軸電流が加算される。それ故、(式5)で計算される過負荷検出値 OL_{det} は増加する割合が多く、時間 t_1 までは大きく見れば増加傾向にある。

[0075] 時間 t_1 でステップ15-5の条件が成立しなくなると、以後はステップ15-7で $I_{d1A} = 0$ となり、d軸電流が加算されない。そのため、d軸電流加算による過負荷検出値 OL_{det} の増加傾向がなくなるので、過負荷検出値 OL_{det} が第1過負荷閾値 OL_{th} を越えることを防止することができる。すなわち、過負荷検出エラーの発生を防止することができる。

[0076] 以上説明したように、本実施の形態のロボットの制御方法は、減速機を介したサーボモータを用いてロボットアームの運動制御を行うロボットの制御方法であって、気温が所定値以下であることを判定するステップと、モータ

電流指令の絶対値が所定値以下であることを判定するステップと、過負荷検出レベルが所定値以下であることを判定するステップを備え、d軸電流を加算することを特徴とする。

[0077] なお、図2のロボット制御装置62に含まれる第2のサーボ制御部から第5のサーボ制御部は、それぞれ、図13から図18で説明した第1のサーボ制御部65と同様の構成であるため、説明を省略する。

産業上の利用可能性

[0078] 本開示のロボット制御方法は、モータ減磁および過負荷エラーを発生させることなく、モータ発熱によって、低温時における減速機グリスの粘性摩擦を低減させることができるので、溶接ロボットなどの産業用ロボットに適用する上で有用である。

符号の説明

- [0079]
- 5 位置比例ゲイン
 - 6 位置制御ブロック
 - 8 速度比例ゲイン
 - 9 速度積分ゲイン
 - 10 速度制御ブロック
 - 18 モータ及び外力を示すブロック
 - 32 微分要素
 - 51 エンコーダ
 - 52 エンコーダ
 - 53 減速機
 - 61 ロボットメカ
 - 62 ロボット制御装置
 - 63 操作・表示部
 - 64 メイン制御部
 - 65 サーボ制御部
 - 66 モータ

- 1 0 0 d 軸電流加算 0 ブロック
- 1 0 2 弱め界磁ブロック
- 1 0 4 d 軸加算判定 1 ブロック
- 1 5 0 d 軸電流加算 1 ブロック
- 2 0 0 d 軸電流加算 2 ブロック
- 2 0 2 d 軸加算判定 2 ブロック
- 2 0 4 過負荷検出ブロック
- 2 0 5 加算前絶対値演算ブロック
- ω_m モータ速度フィードバック
- θ_{com} 位置指令
- θ_m 位置フィードバック
- θ_L 減速機出力位置
- ω_{com} 速度ループ指令
- I_m モータ指令電流
- τ_m モータ発生トルク
- τ_{dyn} 動力学トルク（重力トルク、慣性力、遠心力、コリオリ力の和
）
- τ_{μ} 動摩擦トルク
- τ_{dis} 衝突トルク
- T_c 温度センサ出力値
- I_q モータトルク電流指令
- I_{d0} 弱め界磁電流指令
- I_{d1} d 軸電流加算値
- I_a モータ指令電流 I_m の絶対値
- I_{a2} d 軸電流加算前のモータ指令電流 I_m の絶対値
- I_{ath} 過負荷検出電流閾値
- I_{ath2} 電流絶対値閾値（d 軸電流加算判定用）
- I_{d1A} d 軸電流加算値

I d _ a d d A d 軸電流加算設定値

O L d e t 過負荷検出値

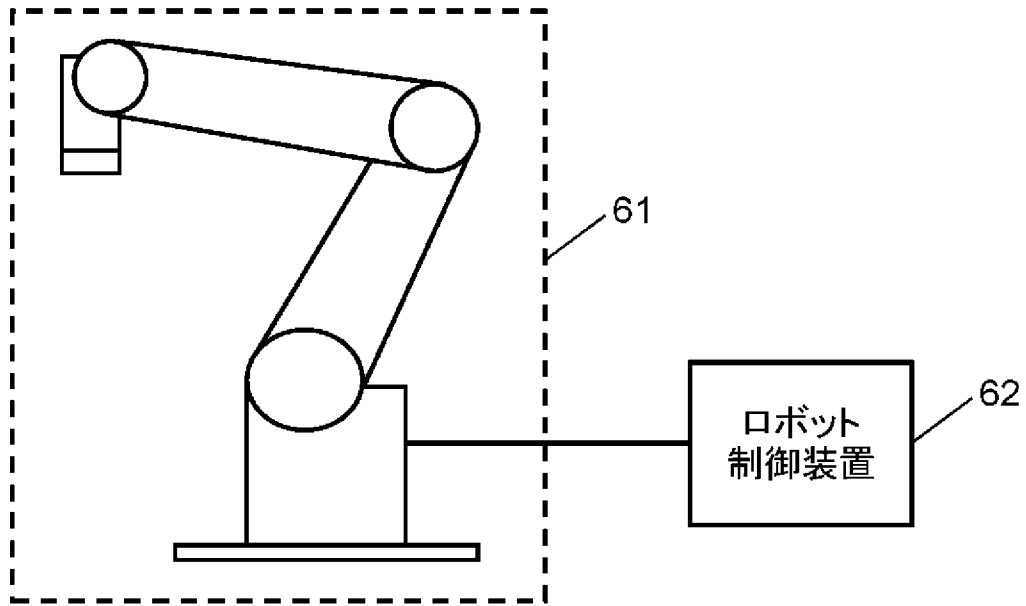
O L t h 第1 過負荷閾値（過負荷判定用）

O L t h 2 第2 過負荷閾値（d 軸電流加算判定用）

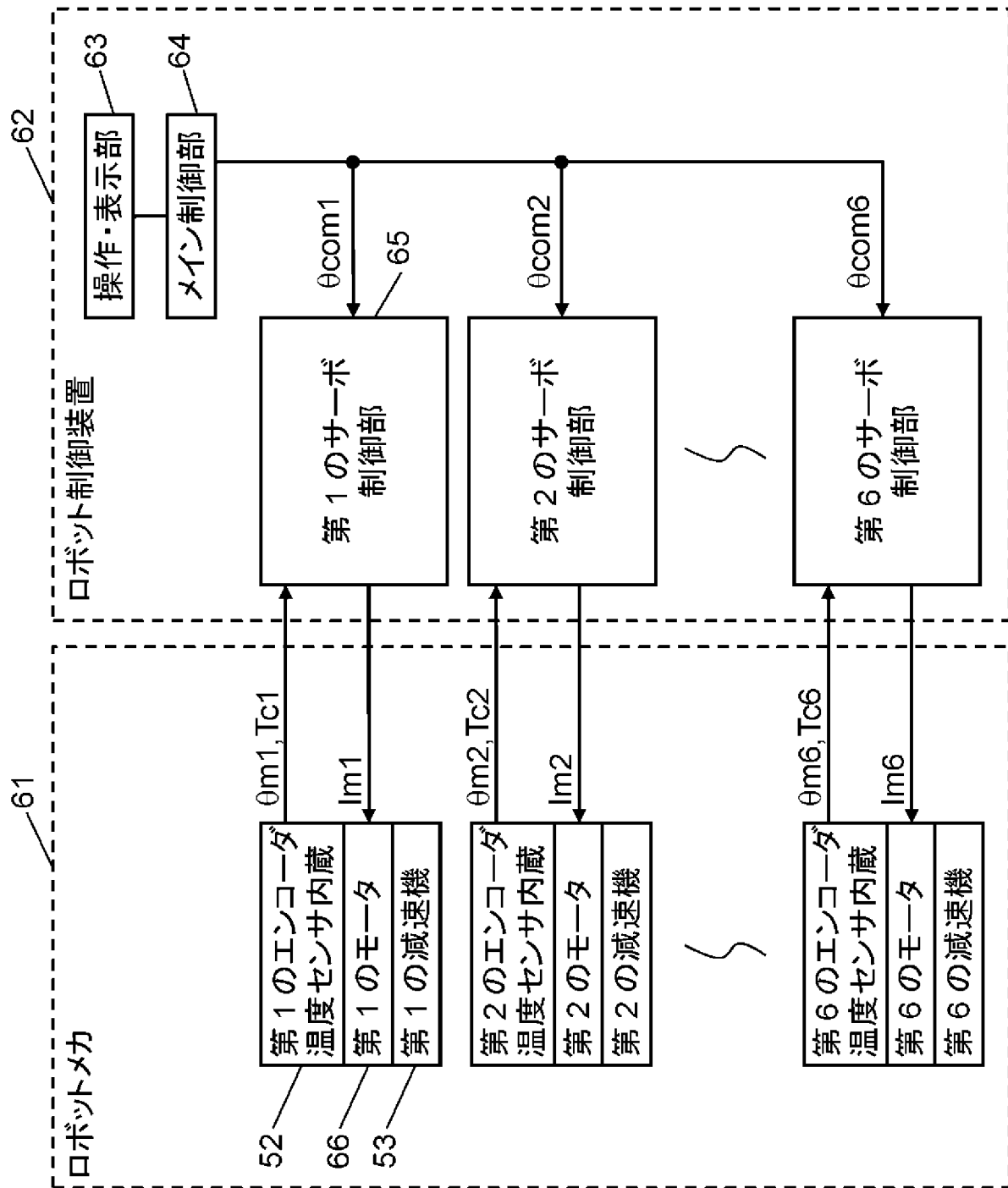
請求の範囲

- [請求項1] サーボモータを用いてロボットアームの運動制御を行うロボットの制御方法であって、
- 気温が所定値以下であり、かつモータ電流指令の絶対値が所定値以下であり、かつ過負荷検出値が所定値以下である場合に、前記モータ電流指令にd軸電流を加算する
- ロボットの制御方法。
- [請求項2] 気温が第1の所定値以下であるか判定するステップと、
- 気温が前記第1の所定値以下である場合に、モータ電流指令の絶対値が第2の所定値以下であるか判定するステップと、
- モータ電流指令の絶対値が前記第2の所定値以下である場合に、過負荷検出値が第3の所定値以下であるか判定するステップと、
- 過負荷検出値が前記第3の所定値以下である場合に、モータ電流指令にd軸電流を加算するステップとを含む
- 請求項1記載のロボットの制御方法。

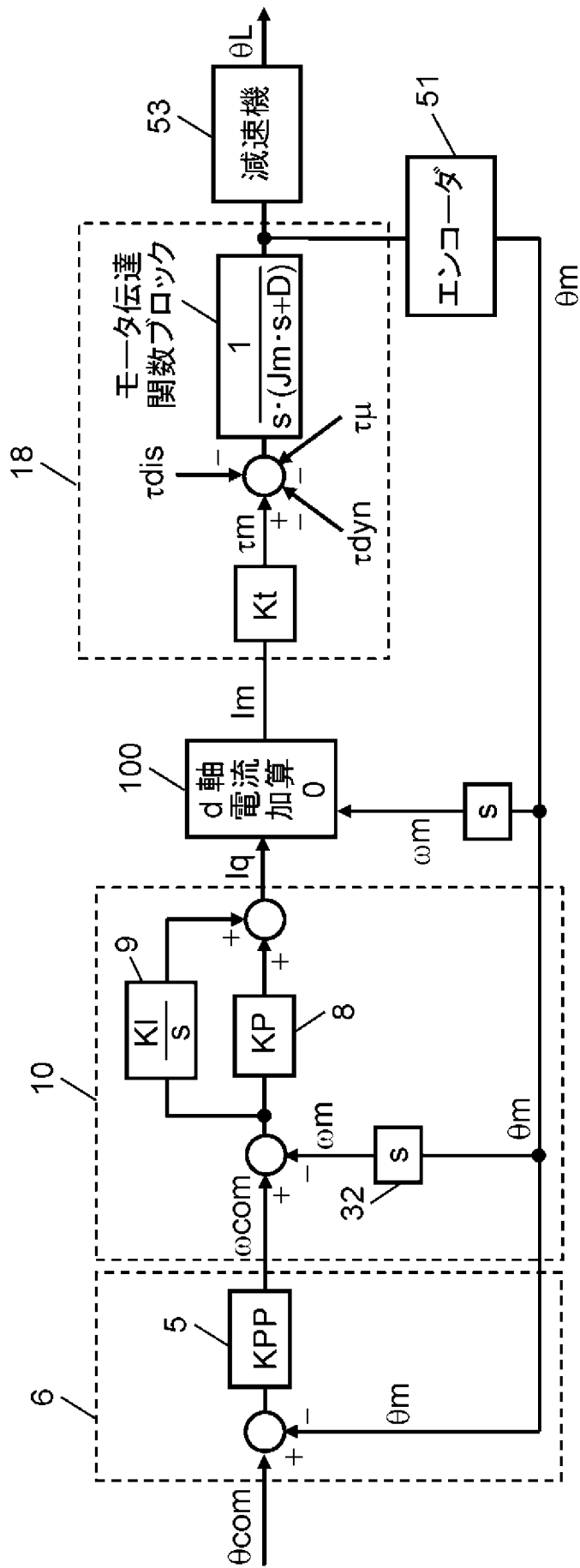
[図1]



[図2]

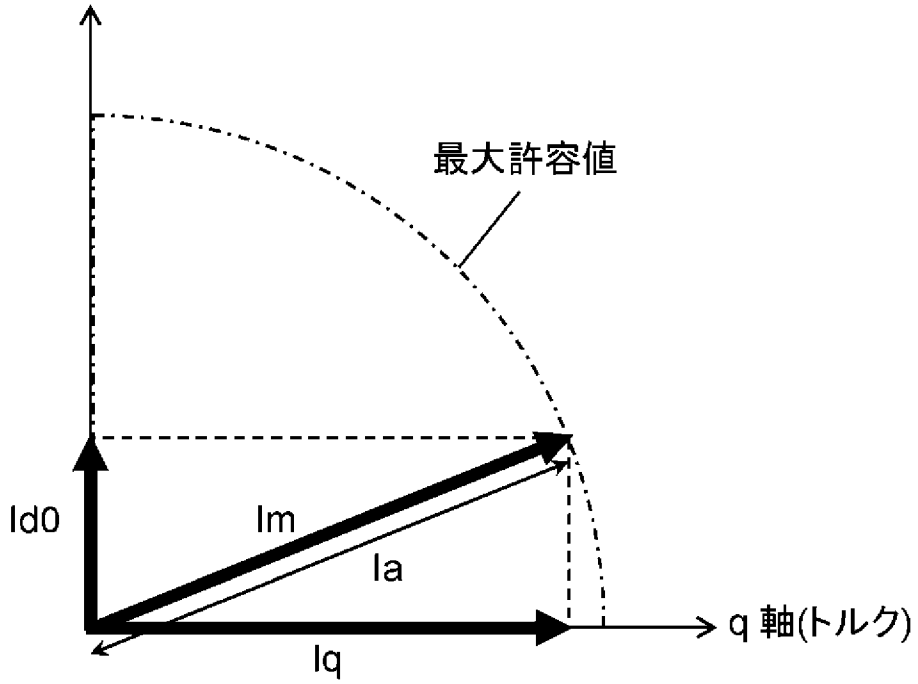


[図3]

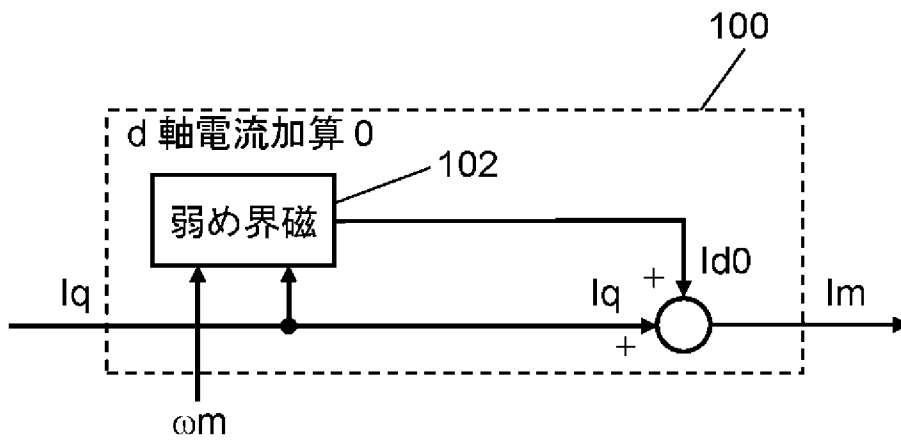


[図4]

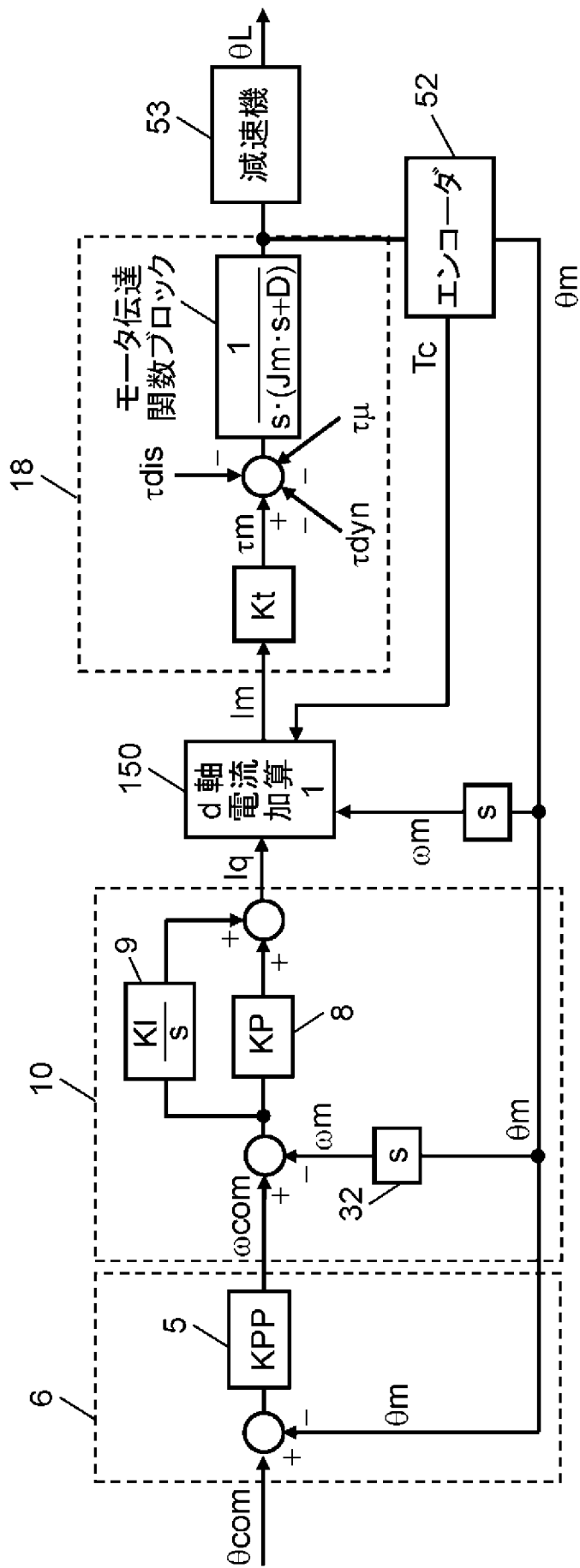
d 軸(無効、弱め界磁)



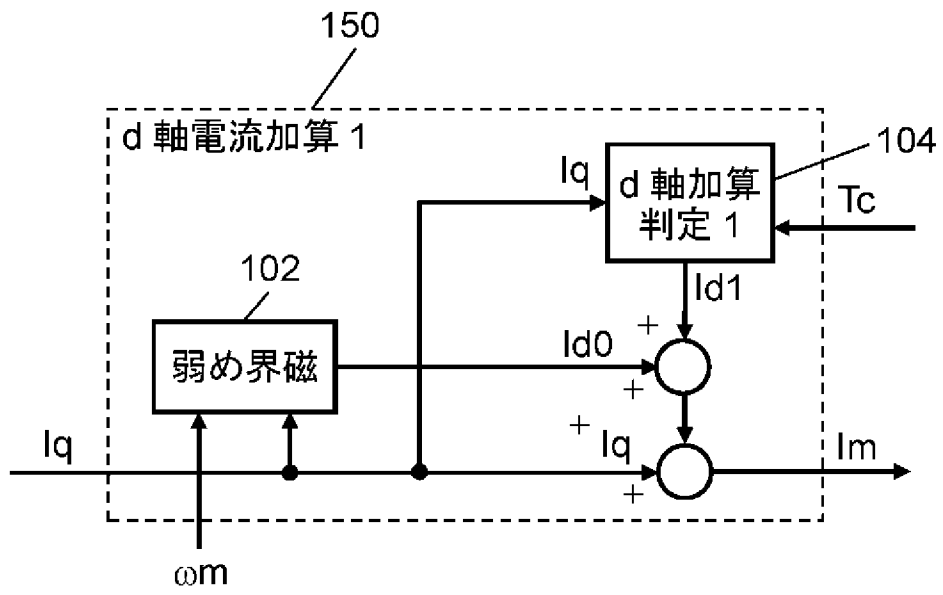
[図5]



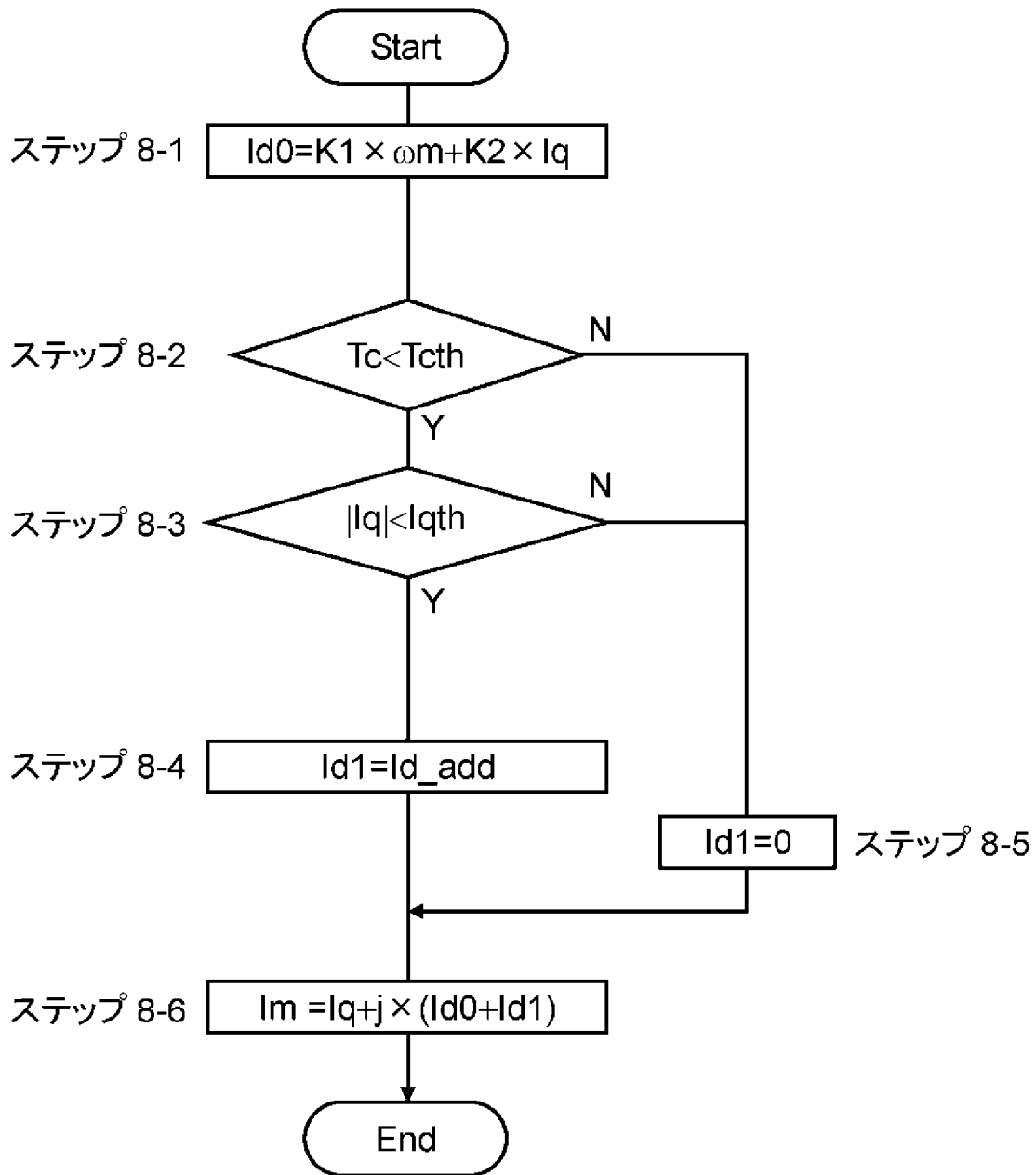
[図6]



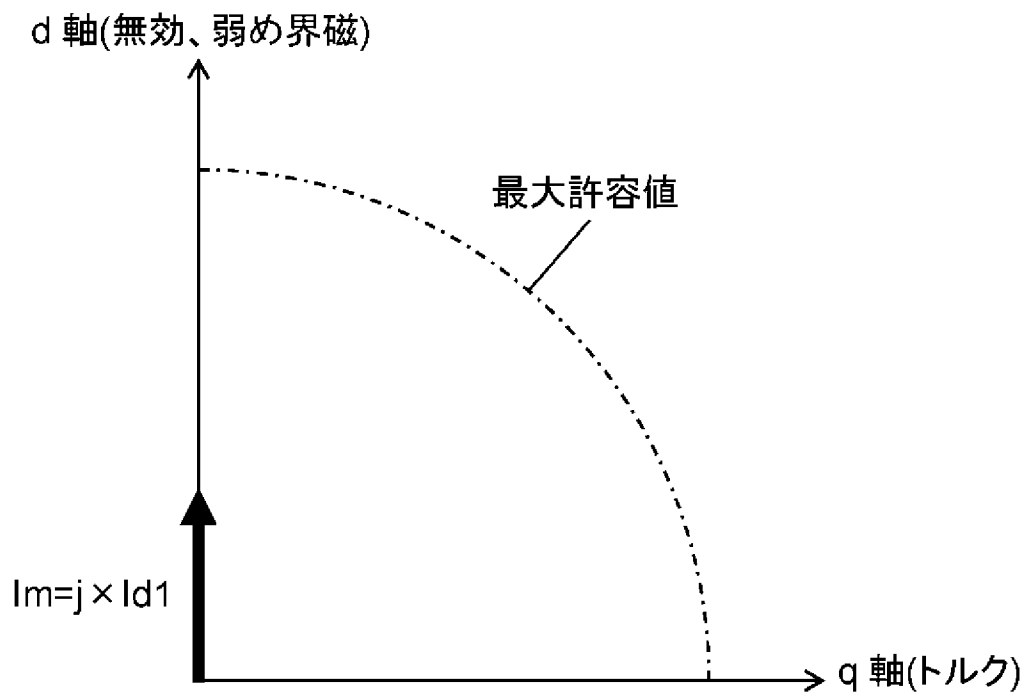
[図7]



[図8]

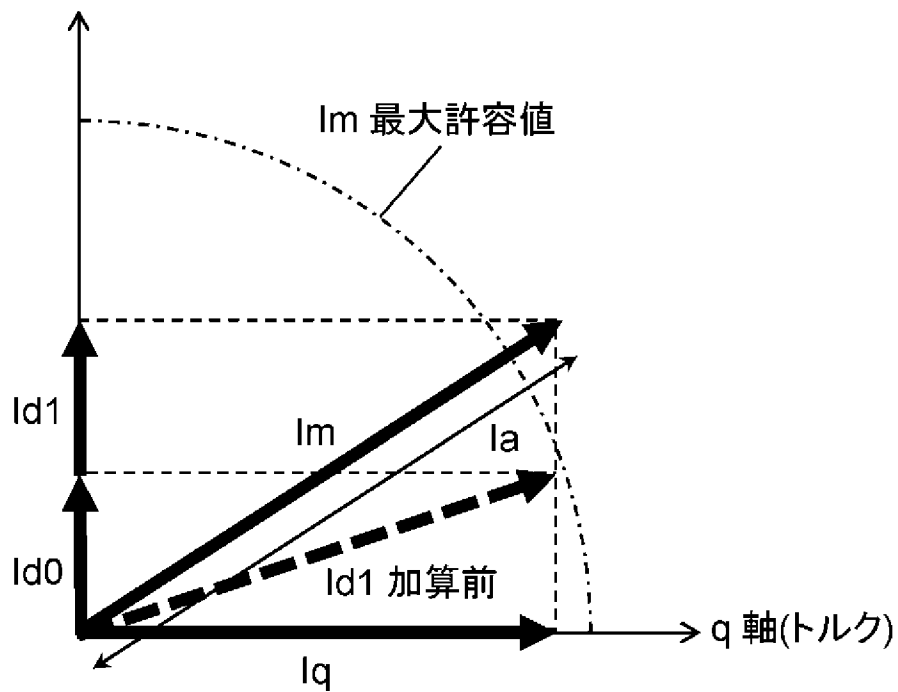


[図9]

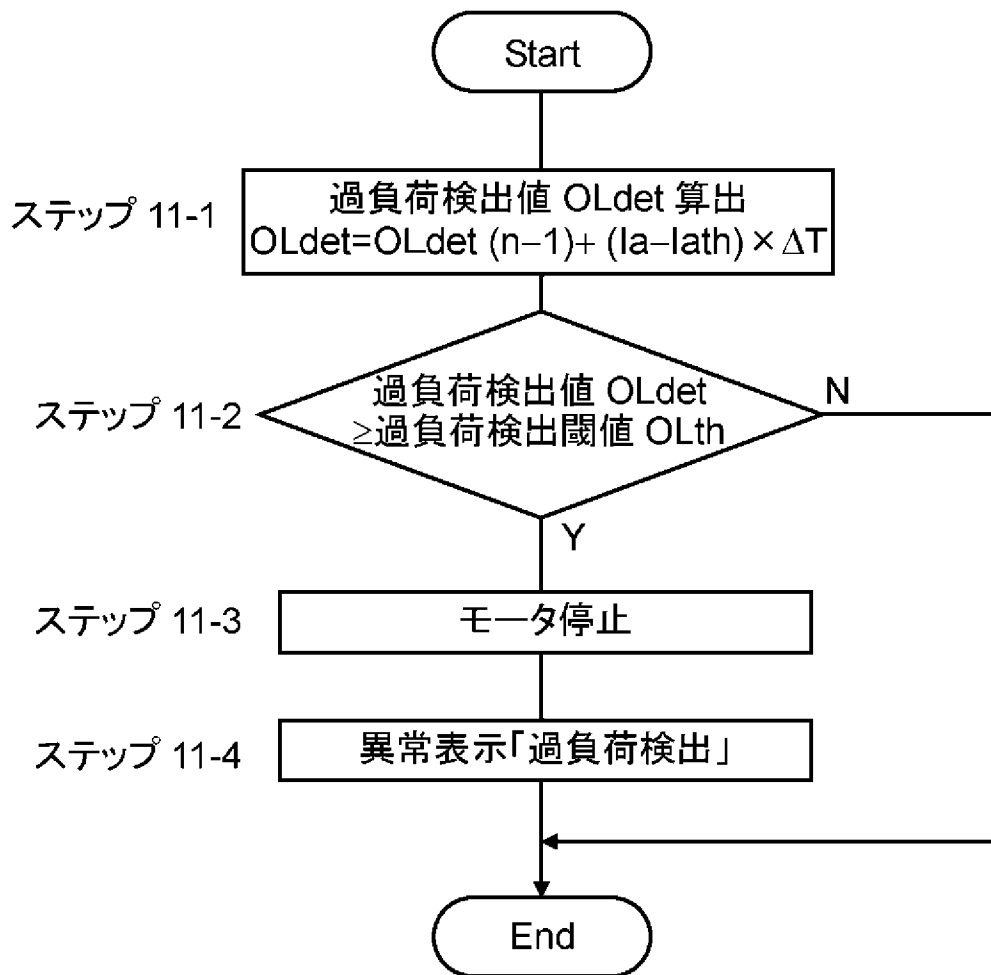


[図10]

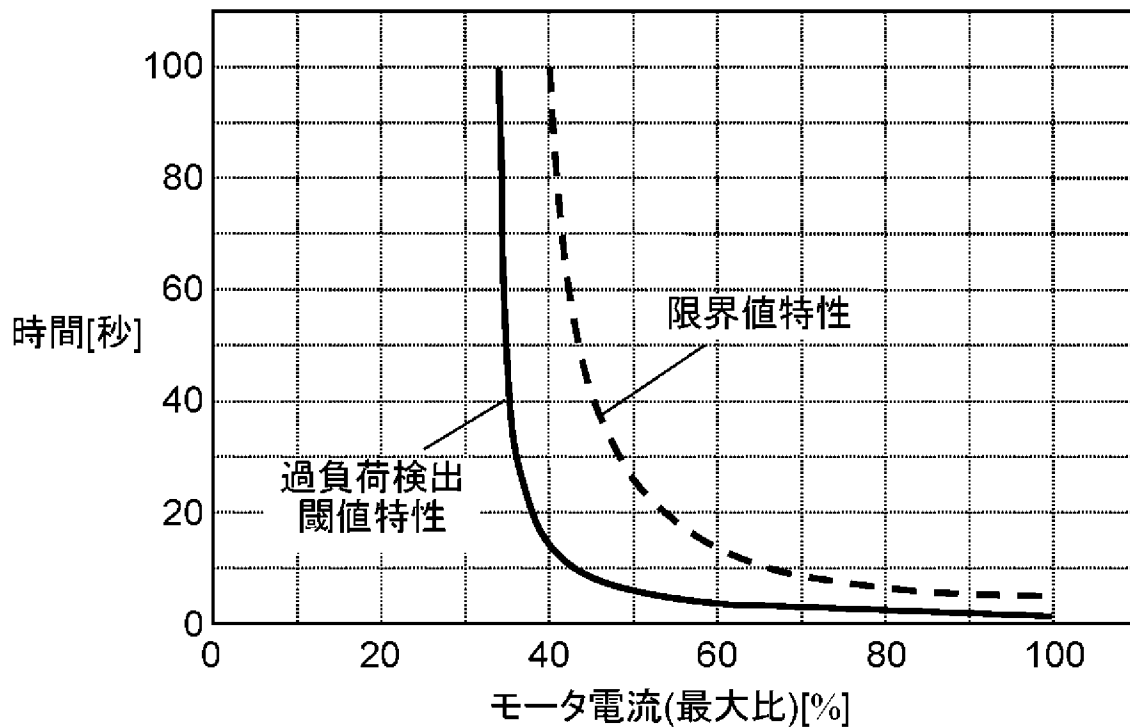
d 軸(無効、弱め界磁)



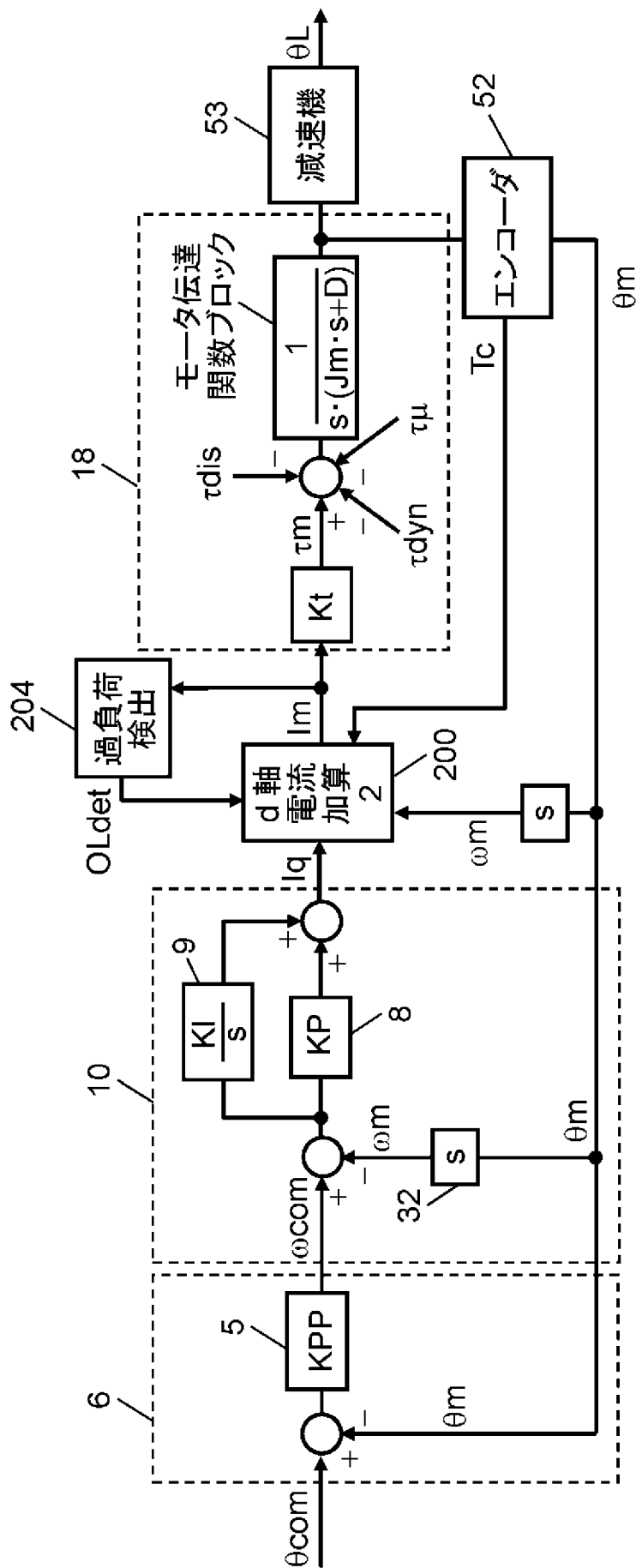
[図11]



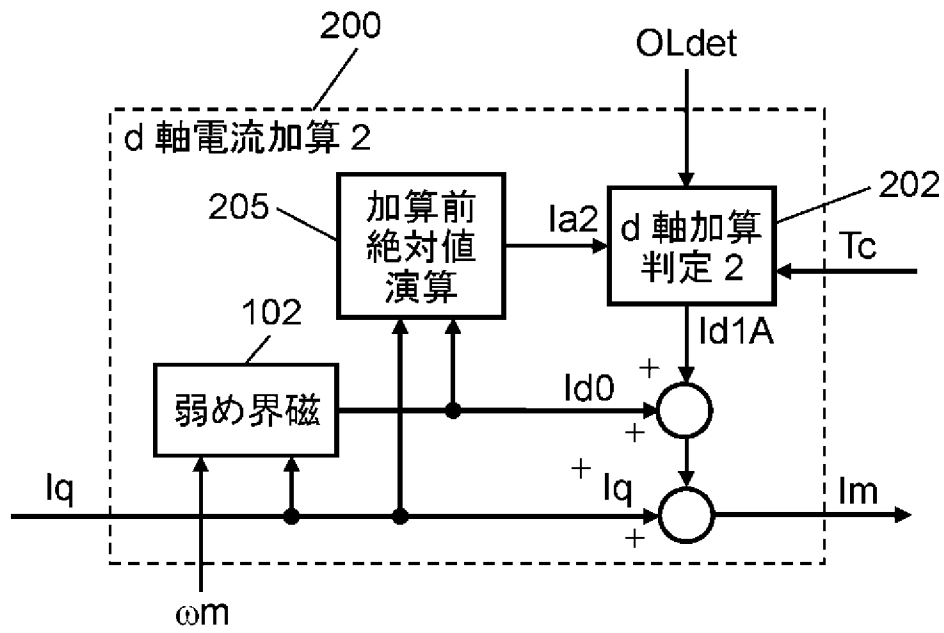
[図12]



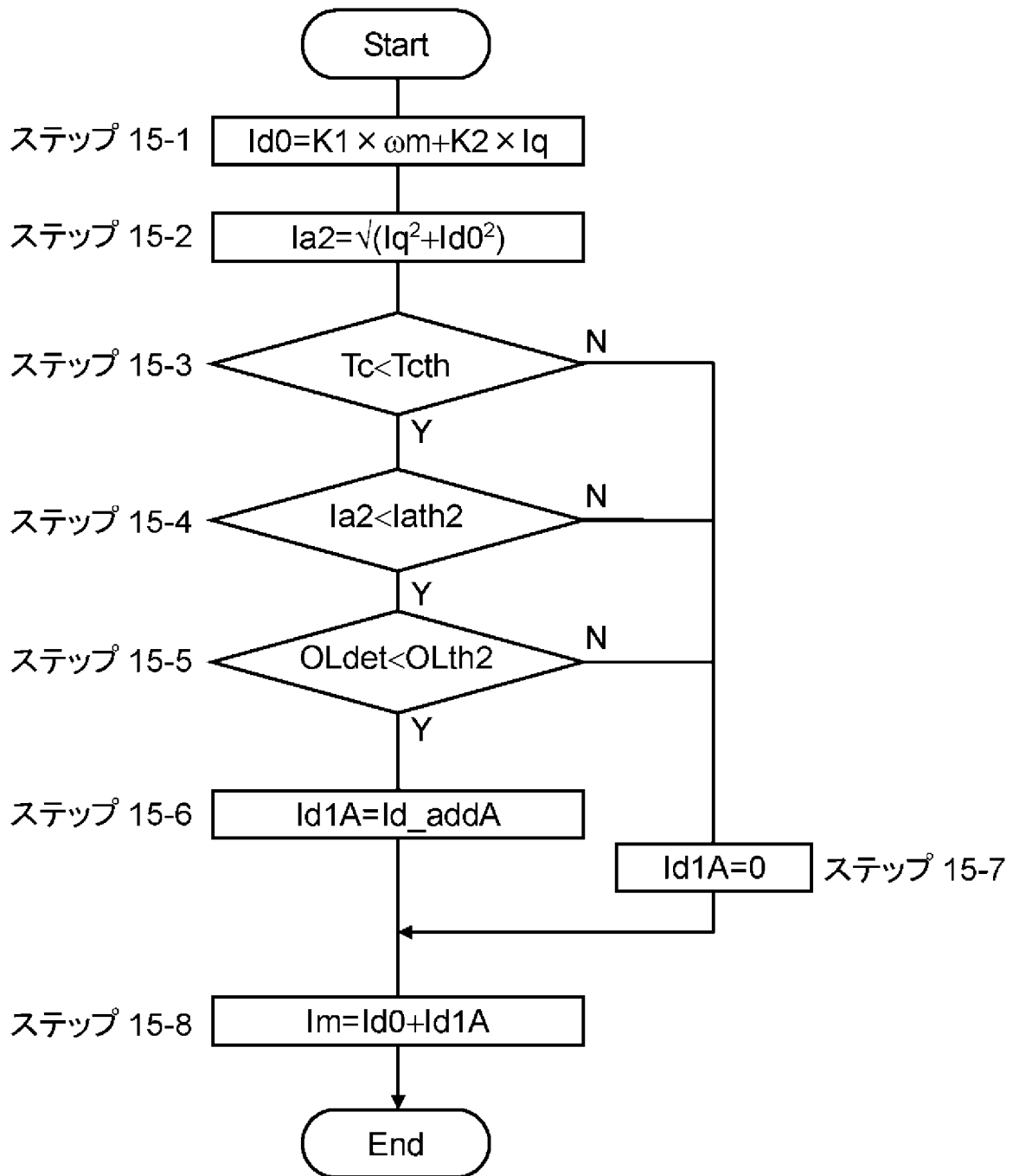
[図13]



[図14]

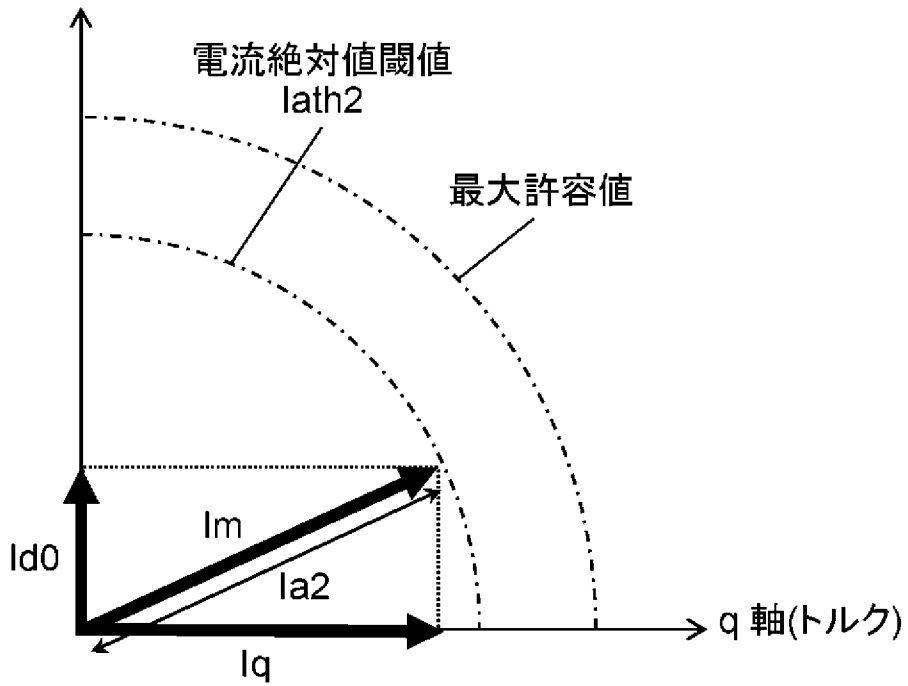


[図15]



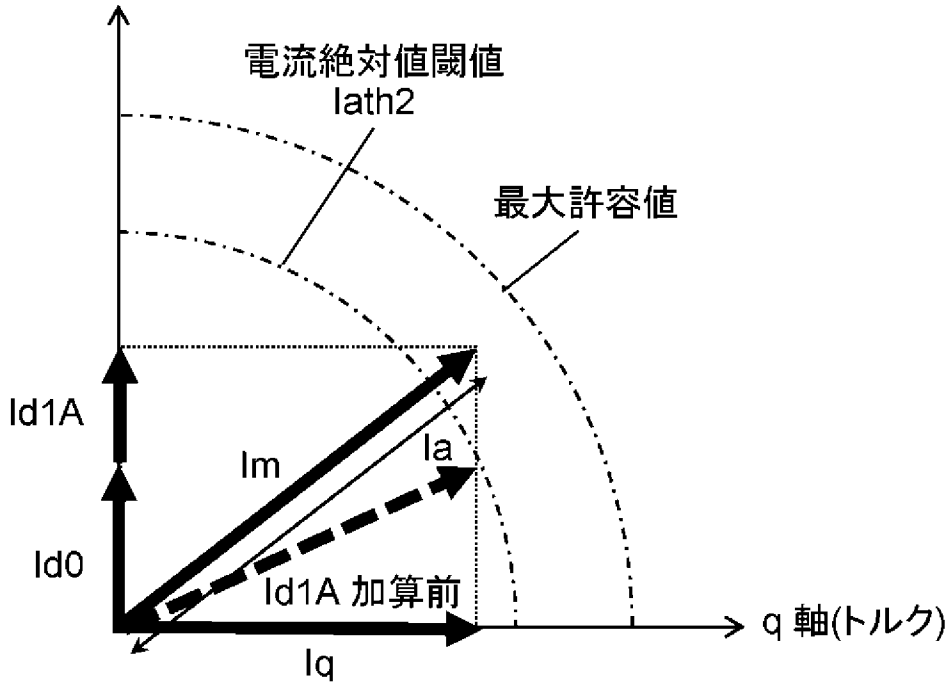
[図16]

d 軸(無効、弱め界磁)

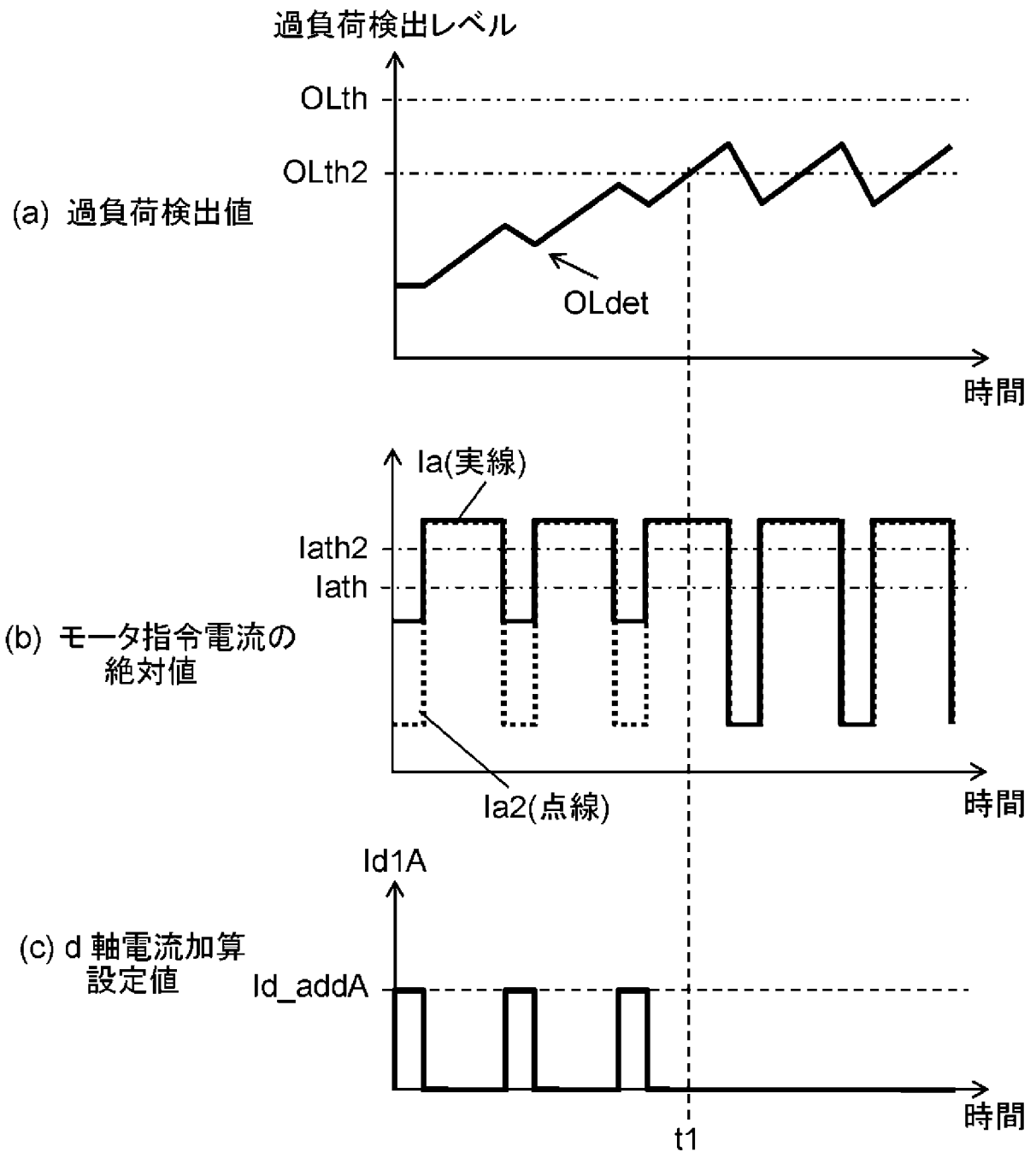


[図17]

d 軸(無効、弱め界磁)



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/005643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02P29/64 (2016.01) i, B25J13/00 (2006.01) i, H02P21/22 (2016.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02P29/64, B25J13/00, H02P21/22

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-180662 A (TOKICO, LTD.) 07 July 1998, entire text, all drawings (Family: none)	1-2
A	JP 63-127885 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 31 May 1988, entire text, all drawings (Family: none)	1-2
A	JP 4292871 B2 (JTEKT CORP.) 08 July 2009, entire text, all drawings & JP 2004-352090 A	1-2
A	JP 2005-138606 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 02 June 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-2

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

* Special categories of cited documents:	"I" 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 02.05.2018	Date of mailing of the international search report 15.05.2018
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H02P29/64(2016.01)i, B25J13/00(2006.01)i, H02P21/22(2016.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H02P29/64, B25J13/00, H02P21/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-180662 A（トキコ株式会社）1998.07.07, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-2
A	JP 63-127885 A（横河電機株式会社）1988.05.31, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-2
A	JP 4292871 B2（株式会社ジェイテクト）2009.07.08, 全文、全図 & JP 2004-352090 A	1-2

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 02.05.2018

国際調査報告の発送日
 15.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員） 田村 恵里加	3V	4656
電話番号 03-3581-1101 内線	3357	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-138606 A (トヨタ自動車株式会社) 2005.06.02, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-2