

(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4月14日(14.04.2016)

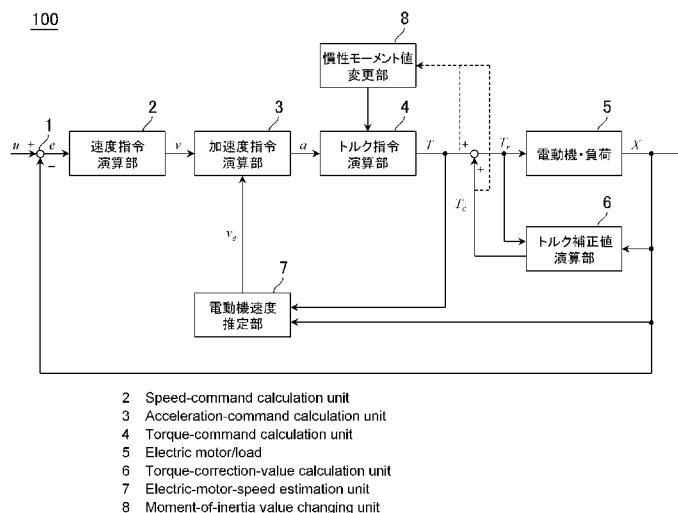


(10) 国際公開番号
WO 2016/056142 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 29/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/077269
- (22) 国際出願日: 2014年10月10日(10.10.2014)
- (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: 株式会社安川電機(KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 吉浦 泰史(YOSHIURA, Yasufumi); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 加来靖彦(KAKU, Yasuhiko); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人はるか国際特許事務所(HARUKA PATENT & TRADEMARK ATTORNEYS); 〒1600023 東京都新宿区西新宿三丁目1番4号 ウエル新都心ビル4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, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ELECTRIC-MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 電動機制御装置



(57) Abstract: This electric-motor control device (100) is provided with: an acceleration-command calculation unit (3) for calculating an acceleration command for an electric motor; a torque-command calculation unit (4) which, on the basis of the acceleration command and a prescribed moment-of-inertia value, calculates a torque command for the electric motor; a torque-correction-value calculation unit (6) which, on the basis of the torque command, and the electric motor position and/or the electric motor speed, estimates disturbance of the electric motor to calculate a torque correction value for the torque command; and a moment-of-inertia value changing unit (8) which changes the moment-of-inertia value on the basis of an estimated moment of inertia ratio, i.e. the ratio of the torque command to the torque correction value. As a result, a control system for controlling the electric motor is stabilized regardless of the moment-of-inertia ratio, and the response is made to be constant regardless of the load.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/056142 A1



電動機に対する加速度指令を演算する加速度指令演算部（３）と、前記加速度指令と所定の慣性モーメント値に基いて前記電動機に対するトルク指令を演算するトルク指令演算部（４）と、電動機位置及び電動機速度の少なくともいずれか、並びに前記トルク指令に基いて前記電動機の外乱を推定し前記トルク指令に対するトルク補正値を演算するトルク補正値演算部（６）と、前記トルク指令と前記トルク補正値の比である推定慣性モーメント比に基いて前記慣性モーメント値を変更する慣性モーメント値変更部（８）と、を有する電動機制御装置（１００）により、慣性モーメント比にかかわらず、電動機制御における制御系を安定化するとともに、応答を負荷によらず一定とする。

明 細 書

発明の名称：電動機制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、電動機制御装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、外乱オブザーバと位相進めフィルタによる位相補償部を設けた電動機制御装置が記載されている。同文献には、電動機制御装置が用いる慣性モーメントの値とその真値の比である慣性モーメント比が0～30倍までを補償し、制御系を安定化するとともに応答を負荷によらず一定とできることが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開2005／93939号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明の解決しようとする課題は、慣性モーメント比にかかわらず、電動機制御における制御系を安定化するとともに、応答を負荷によらず一定とすることである。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一側面に係る電動機制御装置は、電動機に対する加速度指令を演算する加速度指令演算部と、前記加速度指令と所定の慣性モーメント値に基いて前記電動機に対するトルク指令を演算するトルク指令演算部と、電動機位置及び電動機速度の少なくともいずれか、並びに前記トルク指令に基いて前記電動機の外乱を推定し前記トルク指令に対するトルク補正値を演算するトルク補正値演算部と、前記トルク指令と前記トルク補正値の比である推定慣性モーメント比に基いて前記慣性モーメント値を変更する慣性モーメント値変更部と、を有する。

[0006] さらに、本発明の一側面に係る電動機制御装置は、前記慣性モーメント値変更部は、前記推定慣性モーメント比に基いて、前記慣性モーメント値を段階的に変更してよい。

[0007] さらに、本発明の一側面に係る電動機制御装置は、前記慣性モーメント値変更部が前記慣性モーメント値を増加させる際の前記推定慣性モーメント比の閾値である増加時閾比と、前記慣性モーメント値を減少させる際の前記推定慣性モーメント比の閾値である減少時閾比が異なってよい。

[0008] さらに、本発明の一側面に係る電動機制御装置は、前記慣性モーメント値変更部は、前記推定慣性モーメント比にローパスフィルタを作用させた値に基いて前記慣性モーメント値を変更してよい。

[0009] さらに、本発明の一側面に係る電動機制御装置は、前記電動機に対する速度指令を演算する速度指令演算部と、前記トルク指令と電動機位置に基いて前記加速度指令演算部に入力する推定電動機速度を推定する電動機速度推定部と、を有してよい。

[0010] さらに、本発明の別の一側面に係る電動機制御方法は、電動機に対する加速度指令を演算し、前記加速度指令と所定の慣性モーメント値に基いて前記電動機に対するトルク指令を演算し、電動機位置及び電動機速度の少なくともいずれか、並びに前記トルク指令に基いて前記電動機の外乱を推定し前記トルク指令に対するトルク補正值を演算し、前記トルク指令と前記トルク補正值の比である推定慣性モーメント比に基いて前記慣性モーメント値を変更する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の第1の実施形態に係る電動機制御装置の制御ブロック図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係る電動機制御装置の制御ブロックをより詳細に示した図である。

[図3]慣性モーメント比 J_p/J_o の値が1.5である場合の本発明の第1の実施形態に係る電動機制御装置による動作の例を示すグラフである。

[図4]慣性モーメント比 J_p / J_o の値が 3.5 である場合の従来の電動機制御装置による動作の例を示すグラフである。

[図5]慣性モーメント比 J_p / J_o の値が 3.5 である場合の本発明の第 1 の実施形態に係る電動機制御装置による動作の例を示すグラフである。

[図6]慣性モーメント比 J_p / J_o の値が 5.0 である場合の本発明の第 1 の実施形態に係る電動機制御装置による動作の例を示すグラフである。

[図7]慣性モーメント値変更部 8 の動作を示すフロー図である。

[図8]本発明の第 2 の実施形態に係る電動機制御装置の制御ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 本発明の発明者の見地によれば、一般に、電動機制御において、加速度指令値を電動機のトルク指令値に変換するためには、電動機自身及び電動機に接続される負荷の慣性モーメントの値が必要である。そして、この慣性モーメントの値が真値と大きく異なる場合には、制御系が不安定となってしまう。しかしながら、この慣性モーメントの値を正確に求めるのは一般に困難であり、また電動機の駆動中に変動することもある。

[0013] これに対して、慣性モーメントの値を自動的に求める動作を行う制御がいわゆる慣性モーメント同定としてよく知られているが、この技術では同定のための特別の動作が必要であり、また、運転中の慣性モーメントの変動への対応が難しい。そこで、上に示したように、慣性モーメントの値が相当程度真値と異なっても制御系が安定するよう、制御系にロバスト性を付与する技術が提案されているものの、かかる技術においても補償できる慣性モーメント比の範囲には上限がある。

[0014] 本発明の発明者は、電動機制御において慣性モーメント比にかかわらず簡易に制御系を安定化させ、負荷によらない応答を得ることについて鋭意研究開発を行った結果、新規かつ独創的な電動機制御装置を想到するに至った。以下、かかる電動機制御装置をその実施形態を通じ詳細に説明する。

[0015] 図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係る電動機制御装置 100 の制御ブロッ

ク図である。ここで、電動機制御装置は、サーボモータやインバータを作動させるための電力を供給するアンプや、アンプから出力される電流や電圧その他を制御するための制御回路が一体となった機器である。現代においては、電動機制御装置における制御は多くの場合デジタルプロセッサによる離散制御（いわゆるデジタル制御）であるため、図1に示した制御ブロックは必ずしも物理的に存在する電気回路を示すものではなく、デジタルプロセッサ上で実行されるソフトウェアによりその機能を実現されているものを含んでいる。

[0016] 第1の実施形態では、電動機制御装置100は、位置指令 u を制御入力として入力され、制御対象の位置 X を制御出力として出力するものである。

[0017] 電動機制御装置100では、位置指令 u はノード1において負荷5、すなわち電動機と、電動機に取り付けられた機械部品類の現在位置 X が減算され偏差 e となり、続く速度指令演算部2により速度指令 v に、さらに加速度指令演算部3により加速度指令 a へと変換される。さらに、加速度指令 a は、トルク指令演算部4において、設定された慣性モーメント値 J_0 と乗算されトルク指令 T へと変換される。

[0018] 一般的な電動機制御では、このトルク指令 T を電動機・負荷5に入力し、インバータ等による電流・電圧制御を行い、電動機を駆動することとなるが、本実施形態では、トルク指令 T に対してトルク補正值演算部6からのトルク補正值 T_c を加算することにより補正後トルク指令 T_r を得ており、この補正後トルク指令 T_r が電動機・負荷5に入力される。

[0019] トルク補正值演算部6は、擾乱を受けるモデル（ノミナルモデル）を組み込んだ状態オブザーバとして設計される外乱オブザーバである。後述する例では、トルク補正值演算部6は、電流ループモデルと、ノミナルモデルの逆システムと、ローパスフィルタからなっている。

[0020] また、電動機速度推定部7は、電動機速度を推定する速度オブザーバとして機能すると同時に位相を進める位相補償器としての働きを持っている。得られる推定電動機速度 v_r は加速度指令演算部3に入力され速度フィードバッ

グループを構成し、また当該グループにおける位相を進めることによる位相余裕が改善され、応答が安定化する。

[0021] そして、本実施形態に係る電動機制御装置 100 では、トルク補正值演算部 6 と電動機速度推定部 7 の働きにより、電動機・負荷 5 における実際の慣性モーメント J_p と、トルク指令演算部 4 において用いられる慣性モーメント値 J_o とが正確に一致していなくとも制御系を安定化し、位置指令 u に対する所望の追従性能を得ることができる。このとき、制御系が安定であり、所望の追従性能が得られる慣性モーメント値 J_o と実際の慣性モーメント J_p の比である慣性モーメント比 J_p/J_o の値の範囲は、背景技術に示したように、0～30 以下である。

[0022] なお、本実施形態に係る電動機制御装置 100 では、速度フィードバックループにおいて電動機速度推定部 7 を用いることにより電動機速度を推定するとともに位相補償を行っているが、必ずしも位相補償を行わなくともよいし、電動機速度を推定する代わりに電動機・負荷 5 の出力である現在位置 X を微分することにより電動機速度を直接求めてもよい。この場合には、慣性モーメント値 J_o と実際の慣性モーメント J_p の不一致を含む擾乱の影響を受けやすく、また、位相余裕が得られなくなるため、制御系が安定であり、所望の追従性能が得られる慣性モーメント比 J_p/J_o の値の範囲はより小さくなる。

[0023] そして、さらに慣性モーメント値変更部 8 が設けられ、トルク指令 T とトルク補正值 T_o の比に基いて、トルク指令演算部 4 にて用いられる慣性モーメント値 J_o の値を変更することにより、実際の慣性モーメント J_p の値によらずに制御系を安定化し、所望の追従性能を得ようになっている。

[0024] 図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る電動機制御装置 100 の制御ブロックをより詳細に示した図である。なお、ここで示した制御ブロックは図 1 で示した制御ブロックを具体化する一例であり、図 1 に示した制御ブロックが図 2 で示したものに限定される意ではない。

[0025] 図示のように、トルク指令演算部 4 は慣性モーメント値 J_o を加速度指令 a

に乗算する構成となっている。また、トルク指令演算部 4 の後段にはローパスフィルタ 4 1 が挿入されている。

[0026] 電動機・負荷 5 には、電動機の慣性モーメント J_M と電動機に接続された負荷の慣性モーメント J_L を含む制御対象が含まれる。ここでは、制御対象の例として、機械共振系である $R(s)$ と、機械剛体系である $1/(J_M + J_L)s$ の積からなるものを例示した。また、電動機・負荷 5 の前段には、補正後トルク指令 T_r を電流に変換する、インバータ等を含む電流制御部が設けられている。そして、電動機・負荷 5 には外乱トルク T_d が作用しており、この外乱トルク T_d は補正後トルク指令 T_r に対する外乱として記述される。トルク指令演算部 4 で使用する慣性モーメント値 J_0 は、理想的には、制御対象に含まれる電動機の慣性モーメント J_M と電動機に接続された負荷の慣性モーメント J_L を合成した慣性モーメント値とすることが望ましいが、これらの慣性モーメント、特に負荷の慣性モーメント J_L は事前に得ることが難しいため、本実施形態に係る電動機制御装置 100 では、慣性モーメント値 J_0 の初期値として電動機の慣性モーメント J_M の値か、概ねこれに近い値を用いる。

[0027] トルク補正值演算部 6 は、制御対象のノミナルモデルの逆システム 6 1 を用いて、現在位置 X より推定された推定実トルクと、電流ループモデル 6 2 を用いて、補正後トルク指令 T_r より演算した指令トルクとの差分を演算することにより外乱トルクを推定する外乱オブザーバであり、かかる外乱トルクを補償するトルク補正值 T_e を出力するようになっている。トルク補正值演算部 6 中には、動作を安定させるため、適宜ローパスフィルタが用いられる。このとき、トルク指令 T はトルク指令演算部 4 で用いられる慣性モーメント値 J_0 との値を、トルク補正值 T_e は実際の慣性モーメント J_P を反映したものとなっているため、この値の比である T_e/T は、慣性モーメント比 J_P/J_0 の値とおおむね等しいものとなる。この値 T_e/T を以降、推定慣性モーメント比と称する。なお、推定実トルクは、現在位置 X からでなく、電動機速度 X から推定するようにしてもよい。

[0028] 電動機速度推定部 7 は、制御対象モデル 7 1 とローパスフィルタ 7 2 を含むループとして構成されており、制御対象モデル 7 1 により電動機速度の推定をするとともに、ローパスフィルタ 7 2 の前段より推定電動機速度 v_e を取り出すことにより、加速度指令演算部 3 に位相の進んだ速度フィードバックを行う。この構成により、先に記述したように、速度フィードバックループにおける位相余裕が改善される。

[0029] なお、慣性モーメント値変更部 8 によりトルク指令演算部 4 の慣性モーメント値 J_0 が変更された際に、トルク補正值演算部 6 のノミナルモデルの逆システム 6 1 や、電動機速度推定部 7 の制御対象モデル 7 1 がかかる慣性モーメント値 J_0 を使用している場合には、これらノミナルモデルの逆システム 6 1 や制御対象モデル 7 1 において使用される慣性モーメント値 J_0 もまた変更されることになる。

[0030] 図 3 は、慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が 1.5 である場合の本実施形態に係る電動機制御装置 100 による動作の例を示すグラフである。このグラフは上段から電動機速度 $\dot{X}$ 、電動機トルク T_M 、推定慣性モーメント比 T_e/T を時間 t に対しプロットしたものである

[0031] 同図上段には同時に速度指令 $\dot{u}$ （位置指令 u の時間微分）を破線で示しており、実線で示す電動機速度 $\dot{X}$ が概ね速度指令 $\dot{u}$ に追従して得られていることが分かる。また、同図中段に示すように、電動機トルク T_M は加速時、減速時でそれぞれ安定した値を示している。さらに、同図下段に示すように、推定慣性モーメント比 T_e/T は加速時、減速時のそれぞれについて若干のずれは見られるものの、おおむね慣性モーメント比 J_P/J_0 の値である 1.5 に近い値を示しており、慣性モーメント比 J_P/J_0 の推定値として推定慣性モーメント比 T_e/T を用いることができることが示されている。

[0032] これに対し、図 4 は、慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が 3.5 である場合の従来の電動機制御装置による動作の例を示すグラフである。ここで用いる従来の電動機制御装置は、本実施形態に係る電動機制御装置 100 が有する慣性モーメント値変更部 8 が設けられていない他は、電動機制御装置 100 と同一の構成を有するものを想定している。

[0033] 同図上段より明らかなように、この例では電動機速度 $\dot{X}$ が速度指令 $\dot{u}$ に追従することができず発振してしまっており、制御系はその安定を失っている。この状態では当然に、所望の追従性能は得られない。これは慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が外乱オブザーバ（本実施形態でいうトルク補正值演算部 6）と位相補償部（本実施形態でいう電動機速度推定部 7）による補償可能範囲を超えており、もはや制御系が外乱に追従出来なくなっているためである。同図中段に示すように、電動機トルク T_M もまた発振してしまっており、電動機のトルク限界のため波形がつぶれてしまっている。推定慣性モーメント比 T_e/T もまた同図下段に示すように、その値が大きく振れており、制御系が安定性を失って以降は慣性モーメント比 J_P/J_0 の値を推し量ることはできない。なお、図 4 において、中段に示した電動機トルク T_M 及び下段に示した推定慣性モーメント比 T_e/T のプロットにおける縦軸のスケールは図 3 と同一ではない。

[0034]

図5は、図4と同じく慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が3.5である場合の本実施形態に係る電動機制御装置100による動作の例を示すグラフである。同図上段に示すように、電動機制御装置100では図3に示したものと同様に電動機速度 $\dot{X}$ が概ね速度指令 $\dot{u}$ に追従しており、同図中段に示すように、電動機トルク T_M は加速時、減速時でそれぞれ安定した値に速やかに収束しており、制御系が安定であって、且つ、所望の追従性能が得られていることが分かる。

[0035] このとき、同図下段に示すように、推定慣性モーメント比 T_c/T の値は電動機の加速開始と同時に速やかに上昇する。ここで、電動機制御装置100の慣性モーメント値変更部8は、推定慣性モーメント比 T_c/T の値をモニターしており、推定慣性モーメント比 T_c/T の値が所定の値（これを増加時間比と呼ぶ）を超えると、トルク指令演算部4で用いる慣性モーメント値 J_0 の値を段階的に変更する。ここでは、電動機制御装置100は推定慣性モーメント比 T_c/T により推定される慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が2.5～3.0程度まで安定制御が可能であるから、余裕を見て増加時間比を2.0としている。また、慣性モーメント値 J_0 の初期値は電動機慣性モーメント J_M である。

[0036] この結果、電動機の加速開始時には $J_0 = J_M$ であるが、推定慣性モーメント比 T_c/T が2.0を超えると J_0 に J_M を加算し、 $J_0 = 2J_M$ に変更する。これにより、 J_0 が2倍に増加し、推定慣性モーメント比 T_c/T は1/2に減少する。その後推定慣性モーメント比 T_c/T は概ね1.75付近で安定する。これは慣性モーメント値 J_0 の値の更新後の慣性モーメント比が $J_P/2J_M = 1.75$ となることと合致する。図5下段のグラフ下部には、慣性モーメント値 J_0 の値を併せて示した。

[0037] このようにして、電動機制御装置100は実際の慣性モーメント J_P の値のいかんにかかわらず、慣性モーメント比 J_P/J_0 を2.5～3.0以下に常に保ち、制御の安定化と所望の追従性能を得るのである。

[0038] 図6は、慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が5.0である場合の本実施形態に係る電動機制御装置100による動作の例を示すグラフである。同図上段に示すように、この場合でも図3に示したものと同様に電動機速度 $\dot{X}$ が概ね速度指令 $\dot{u}$ に追従しており、同図中段に示すように、電動機トルク T_M は加速時、減速時でそれぞれ安定した値に速やかに収束しており、制御系が安定であって、且つ、所望の追従性能が得られていることが分かる。

[0039] 、推定慣性モーメント比 T_c/T の値は同図下段に示すようになっており、まず慣性モーメント値 J_0 が初期値である J_M の状態で推定慣性モーメント比 T_c/T の値が上昇していく。推定慣性モーメント比 T_c/T の値が増加時間比 20 を超えると慣性モーメント値変更部 8 により、慣性モーメント値 J_0 に J_M が加算され $2 J_M$ に変更される。推定慣性モーメント比 T_c/T の値はさらに上昇し、再び増加時間比 20 を超えるが、このときも同様に慣性モーメント値変更部 8 により、慣性モーメント値 J_0 に J_M が加算され $3 J_M$ に変更される。この結果、推定慣性モーメント比 T_c/T の値は概ね 16.7 付近で安定する。これは更新後の慣性モーメント比が $J_p/3 J_M = 16.7$ となることと合致する。図 6 下段のグラフ下部にも、慣性モーメント値 J_0 の値を併せて示した。

[0040] 以上示したように、電動機制御装置 100 では、慣性モーメント値変更部 8 により、推定慣性モーメント比 T_c/T の値が所定の増加時間比を超える度に慣性モーメント値 J_0 を段階的に変更する、すなわち、段階的に増加させており、これにより推定慣性モーメント比 T_c/T により推定される慣性モーメント比 J_p/J_0 を所定の値以下に保ち、制御系を安定化するとともに所望の追従性能を得るのである。このとき、増加時間比は制御系が安定となる慣性モーメント比 J_p/J_0 の余裕に応じて適宜設定してよく、また、慣性モーメント値 J_0 の初期値や、慣性モーメント値 J_0 を増加させる際の差分は任意であり、本実施形態で示したように必ずしも電動機慣性モーメント J_M を用いなくともよい。慣性モーメント値 J_0 を定数倍（例えば、2 倍）することにより増加させてもよい。

[0041] さらに、慣性モーメント値変更部 8 は、推定慣性モーメント比 T_c/T に基いて、慣性モーメント値 J_0 を段階的に変更しているが、これを連続的に変更するようにすることも可能である。ただし、慣性モーメント値 J_0 の値が頻繁に変更されることにより制御系の安定性を却って損なってしまう可能性があり、また情報処理の負荷も増大するため、本実施形態で示したように慣性モーメント値 J_0 を段階的に変更する構成の方がより好ましい。また、ノイズの

影響を低減するため、慣性モーメント値変更部 8 は、推定慣性モーメント比 T_0/T の値に任意のローパスフィルタ、例えば 1 次遅れフィルタを作用させた値に基いて慣性モーメント値 J_0 を変更する構成とすることが望ましい。このときの時定数は、推定慣性モーメント比 T_0/T の値の変化に追従できる程度の値としておく。

[0042] さらに、以上の説明では、慣性モーメント値変更部 8 は、慣性モーメント値 J_0 を段階的に増加するのみであったが、これに加え、慣性モーメント値 J_0 を段階的に減少させるようにしてもよい。この構成は、例えば電動機に接続された負荷が荷物を運搬するアーム等のように負荷変動を伴うものである場合に、荷物を把持した状態から離れた状態となった時に実際の慣性モーメント J_P の値が大きく減少し、これにより慣性モーメント比 J_P/J_0 の値が極端に小さくなってしまう場合が想定されるためである。

[0043] そこで、慣性モーメント値変更部 8 は、推定慣性モーメント比 T_0/T の値が所定の値（これを減少時閾比と呼ぶ）を下回ると、トルク指令演算部 4 で用いる慣性モーメント値 J_0 の値を段階的に減少させるとよい。ここで、減少時閾比は増加時閾比とは異なる値、特に、増加時閾比より十分に小さい値としておくことが望ましい。この理由は、ノイズ等により推定慣性モーメント比 T_0/T の値が変動した場合に、慣性モーメント値 J_0 の値の増加と減少が頻繁に繰り返されて制御系の安静性を損なうことが無いようにするためである。ここでは、制御系は、実際の慣性モーメント J_P が電動機の慣性モーメント J_M に等しい状態で（すなわち、無負荷の状態）安定するように設計されているため、減少時閾比としては例えば 1 を選択することができる。すなわち、慣性モーメント値変更部 8 は、推定慣性モーメント比 T_0/T の値が減少時閾比である 1 を下回ったならば慣性モーメント値 J_0 の値から J_M を減算していき、慣性モーメント値 J_0 が初期値である J_M に到達するまでこれを繰り返す。

[0044] 図 7 は、以上説明した慣性モーメント値変更部 8 の動作を示すフロー図である。慣性モーメント値変更部 8 は、電動機制御装置 100 の動作開始によ

り、まずステップS T 1 にてトルク指令演算部 4 で用いる慣性モーメント値 J_0 に所定の初期値、ここでは電動機慣性モーメント J_M を設定する。

[0045] 続いて、ステップS T 2 にて、推定慣性モーメント比 T_c/T の値が増加時閾値である 20 を超えるか否かを判断する。増加時閾値である 20 を超えた場合にはステップS T 3 へと進み、慣性モーメント値 J_0 に所定の値、ここでは電動機慣性モーメント J_M を加算することにより、慣性モーメント値 J_0 を段階的に増加する。

[0046] ステップS T 2 にて推定慣性モーメント比 T_c/T の値が増加時閾値を超えない場合には、ステップS T 4 へと進み、推定慣性モーメント比 T_c/T の値が減少時閾値である 1 を下回るか否かを判断する。減少時閾値である 1 を下回った場合にはさらにステップS T 5 へと進み、慣性モーメント値 J_0 がすでに所定の初期値である電動機慣性モーメント J_M に等しいか否かを判断する。慣性モーメント値 J_0 が初期値でない場合、すなわち、慣性モーメント値 J_0 に何らかの加算がなされている場合にはステップS T 6 へと進み、慣性モーメント値 J_0 から所定の値、ここでは電動機慣性モーメント J_M を減算することにより、慣性モーメント値 J_0 を段階的に減少する。

[0047] ステップS T 3 の処理及びステップS T 6 の処理の終了後、並びに、ステップS T 4 で推定慣性モーメント比 T_c/T の値が減少時閾値を下回らないと判断された場合及びステップS T 5 で慣性モーメント値 J_0 がすでに所定の初期値であると判断された場合には、いずれもステップS T 2 へと戻る。慣性モーメント値変更部 8 は、このステップS T 2 ～S T 6 までの処理を制御周期に合わせて繰り返し実行することにより、推定慣性モーメント比 T_c/T の値をモニターする。

[0048] 図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る電動機制御装置 200 の制御ブロック図である。本実施形態に係る電動機制御装置 200 では、位置フィードバックループを持たず速度フィードバックループのみが設けられており、また、電動機速度推定部 7 が設けられていない点で先の実施形態に係る電動機制御装置 100 と相違しているが、その他の点では同様であるから、共通す

る要素には同一符号番号を付し、その重複する説明は省略することとする。

- [0049] 電動機制御装置 200 では、指令値として、速度指令 $\dot{u}$ が与えられ、ノード 1 において電動機速度 $\dot{X}$ との差分である速度変位 v_e を求め、かかる速度変位 v_e に基いて加速度指令演算部 3 は加速度指令 a を演算するようになっている。また、電動機・負荷 5 より得られる現在位置 X は、微分器 9 により電動機速度 $\dot{X}$ に変換され、ノード 1 へとフィードバックされるようになっている。
- [0050] このような構成においても、先に説明した電動機制御装置 100 と同様に、慣性モーメント値変更部 8 によりトルク指令演算部 4 にて用いる慣性モーメント値 J_0 を段階的に変更することにより、実際の慣性モーメント J_p の値のいかににかかわらず、制御の安定化と所望の追従性能を得ることができる。電動機制御装置 200 においても、慣性モーメント値 J_0 の変更は推定慣性モーメント比 T_e/T に基いてなされ、その動作に相違はない。
- [0051] 以上説明した実施形態は具体例として示したものであり、本明細書にて開示される発明をこれら具体例の構成に限定するものではない。当業者はこれら開示された実施形態に種々の変形、例えば、物理的構成の形状や数、配置等を変更してもよい。また、実施形態にて示された制御は、同等の機能を有するアルゴリズムであれば、開示されたフロー図に具体化されたものに限定されない。本明細書にて開示される発明の技術的範囲は、そのようになされた変形をも含むものと理解すべきである。

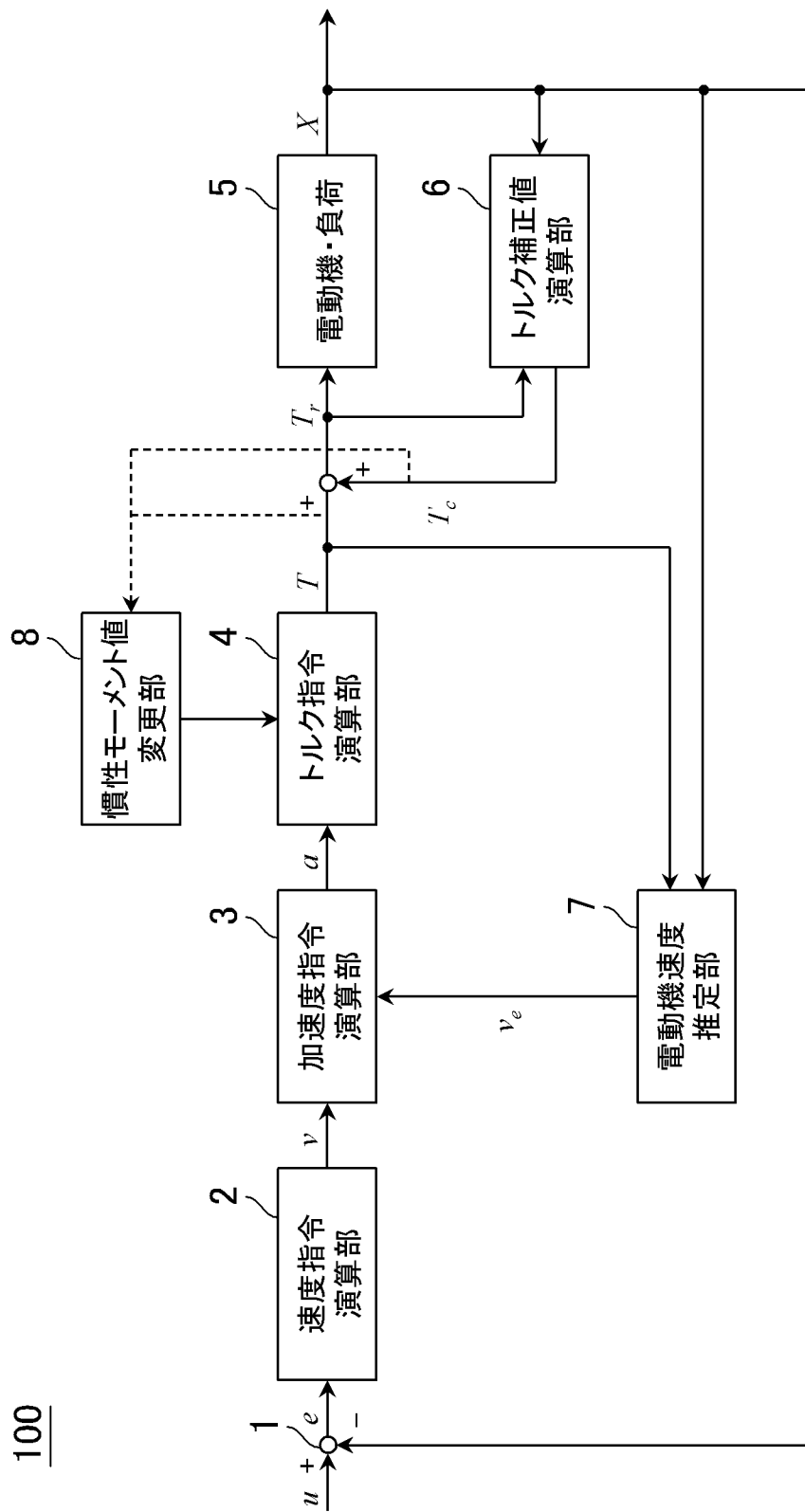
請求の範囲

- [請求項1] 電動機に対する加速度指令を演算する加速度指令演算部と、
前記加速度指令と所定の慣性モーメント値に基いて前記電動機に対するトルク指令を演算するトルク指令演算部と、
電動機位置及び電動機速度の少なくともいずれか、並びに前記トルク指令に基いて前記電動機の外乱を推定し前記トルク指令に対するトルク補正値を演算するトルク補正値演算部と、
前記トルク指令と前記トルク補正値の比である推定慣性モーメント比に基いて前記慣性モーメント値を変更する慣性モーメント値変更部と、
を有する電動機制御装置。
- [請求項2] 前記慣性モーメント値変更部は、前記推定慣性モーメント比に基いて、前記慣性モーメント値を段階的に変更する請求項1に記載の電動機制御装置。
- [請求項3] 前記慣性モーメント値変更部が前記慣性モーメント値を増加させる際の前記推定慣性モーメント比の閾値である増加時閾比と、前記慣性モーメント値を減少させる際の前記推定慣性モーメント比の閾値である減少時閾比が異なる請求項2に記載の電動機制御装置。
- [請求項4] 前記慣性モーメント値変更部は、前記推定慣性モーメント比にローパスフィルタを作用させた値に基いて前記慣性モーメント値を変更する請求項2又は3に記載の電動機制御装置。
- [請求項5] 前記電動機に対する速度指令を演算する速度指令演算部と、
前記トルク指令と電動機位置に基いて前記加速度指令演算部に入力する推定電動機速度を推定する電動機速度推定部と、
を有する請求項1～4のいずれかに記載の電動機制御装置。
- [請求項6] 電動機に対する加速度指令を演算し、
前記加速度指令と所定の慣性モーメント値に基いて前記電動機に対するトルク指令を演算し、

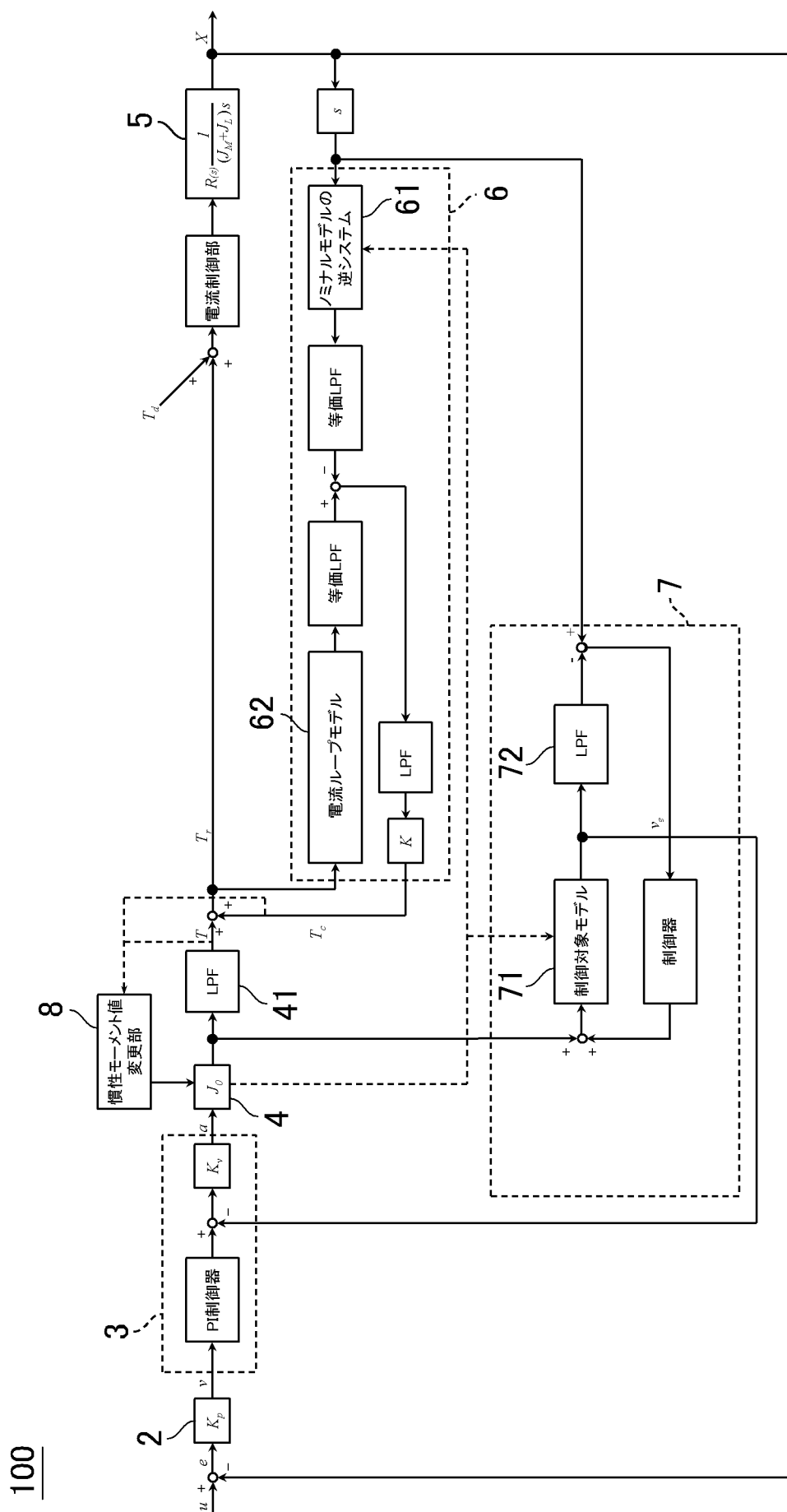
電動機位置及び電動機速度の少なくともいずれか、並びに前記トルク指令に基いて前記電動機の外乱を推定し前記トルク指令に対するトルク補正値を演算し、

前記トルク指令と前記トルク補正値の比である推定慣性モーメント比に基いて前記慣性モーメント値を変更する、
電動機制御方法。

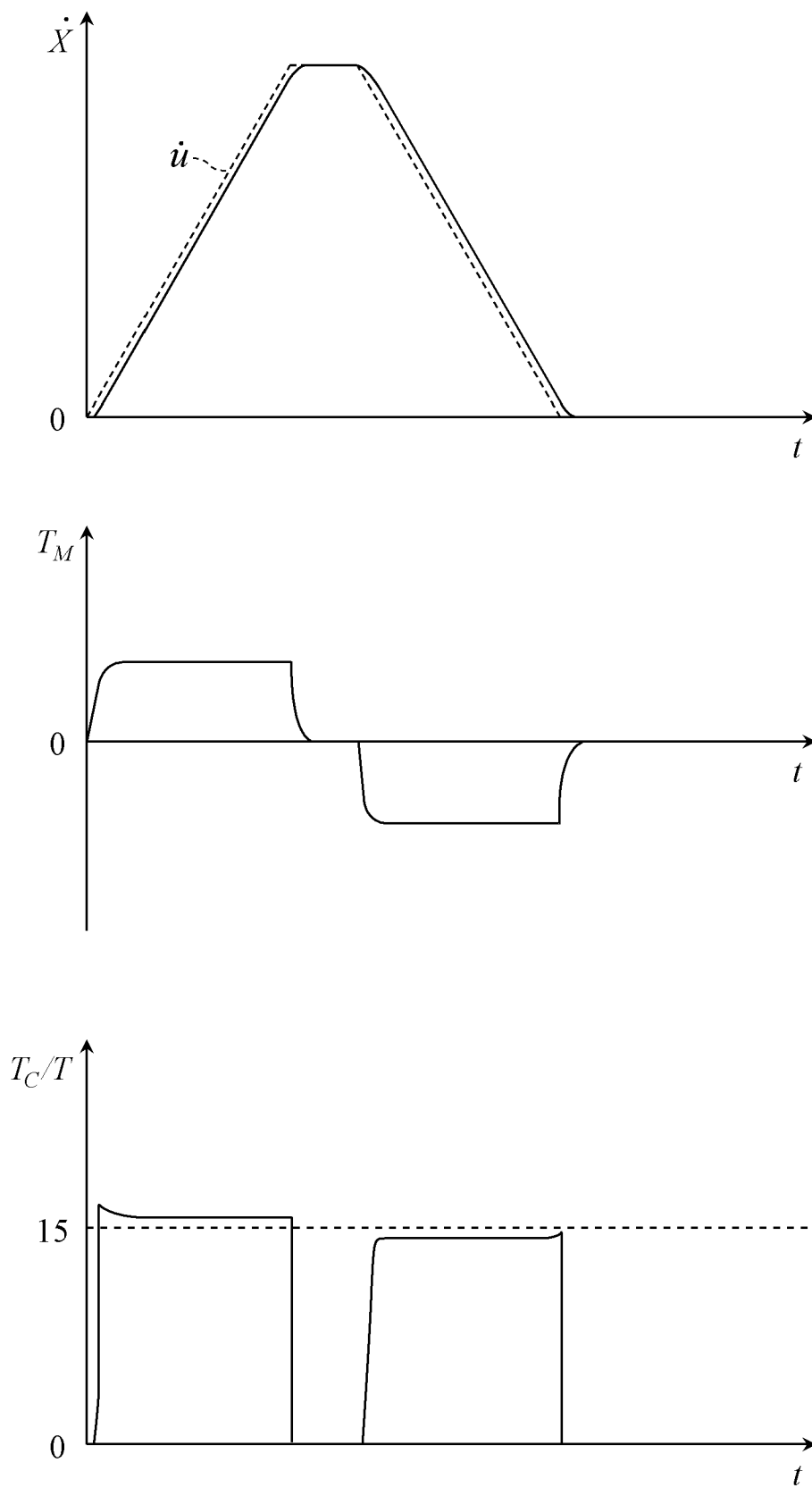
[図1]



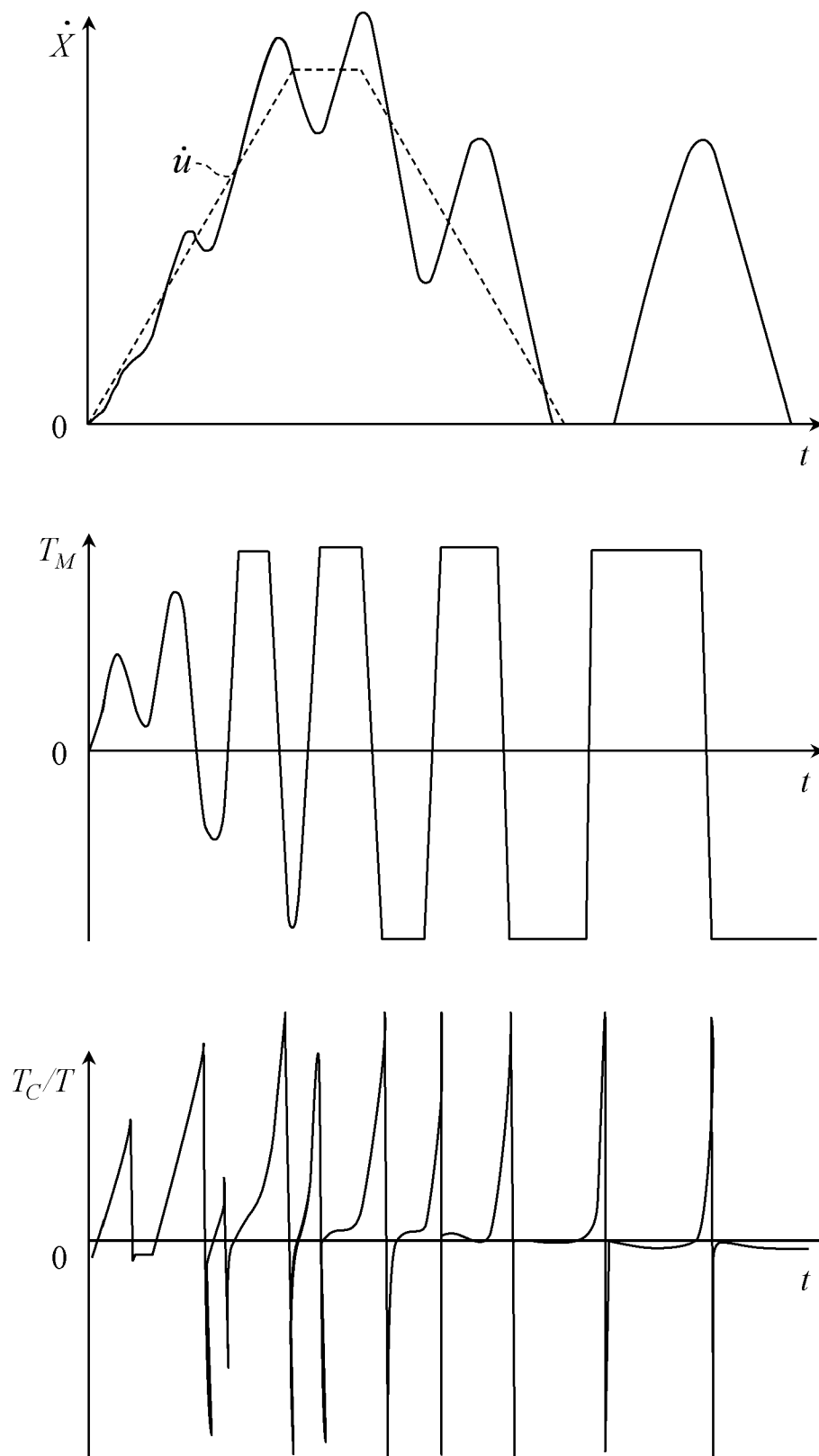
[図2]



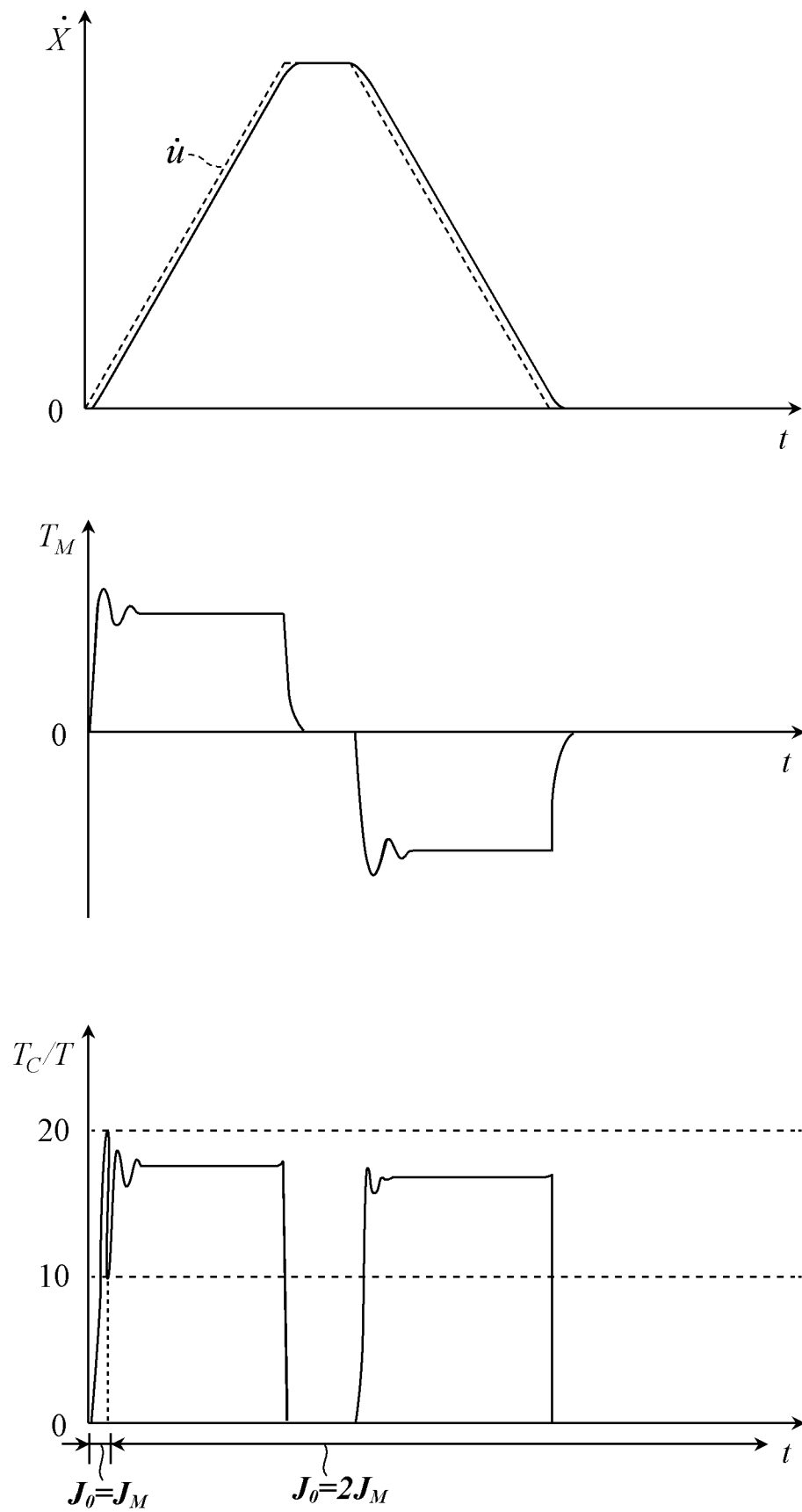
[図3]



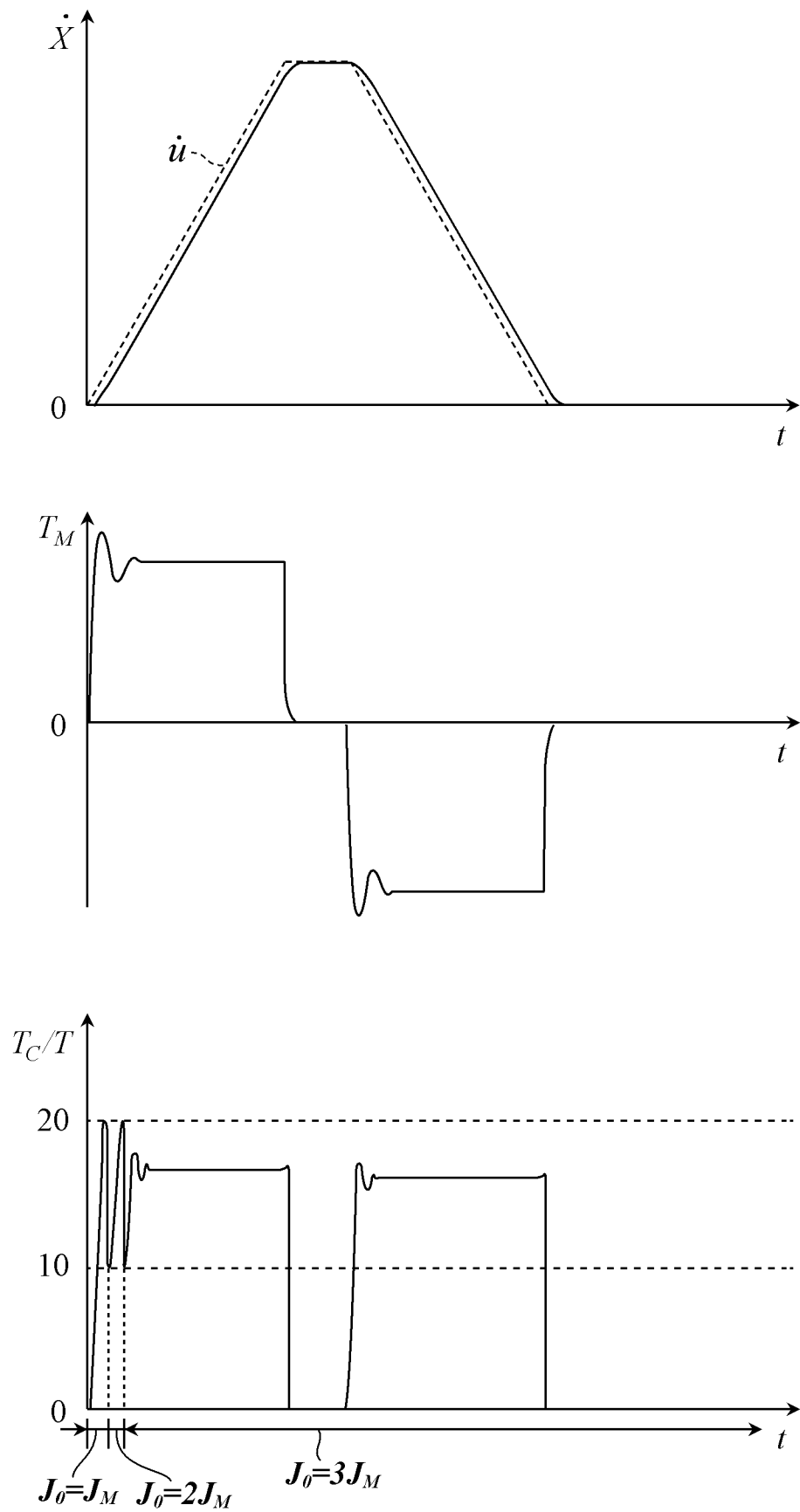
[図4]



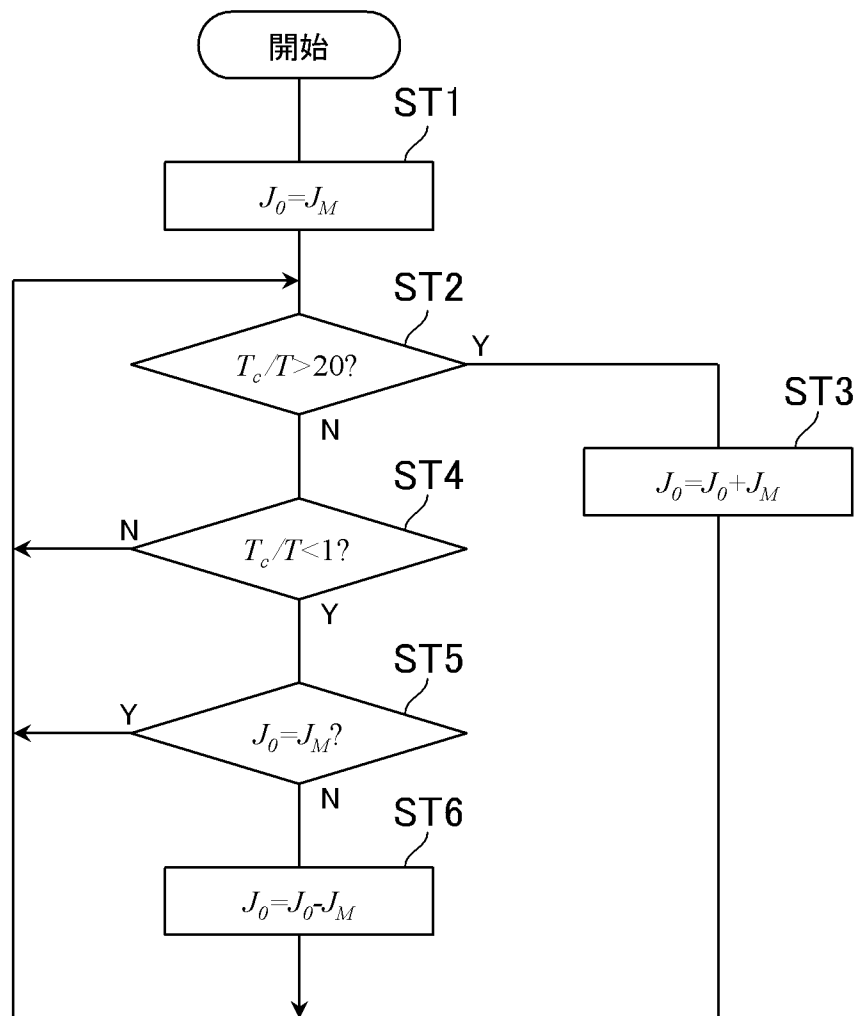
[図5]



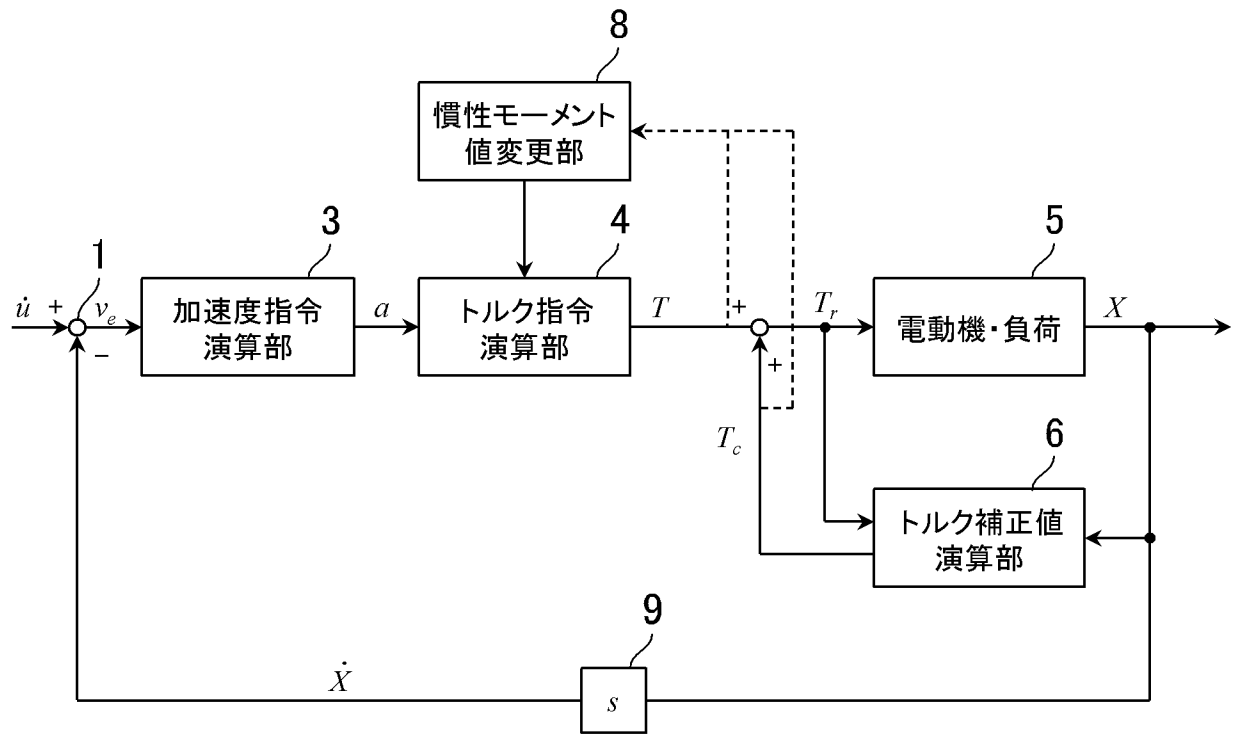
[図6]



[図7]



[図8]

200

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077269

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P29/00(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)

H02P29/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2-123984 A (Fanuc Ltd.), 11 May 1990 (11.05.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2000-20104 A (Yaskawa Electric Corp.), 21 January 2000 (21.01.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 6-284763 A (President of Nagoya Institute of Technology), 07 October 1994 (07.10.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 December, 2014 (12.12.14)

Date of mailing of the international search report
22 December, 2014 (22.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/077269

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-295092 A (Sanken Electric Co., Ltd.), 04 November 1998 (04.11.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2010-142020 A (Yaskawa Electric Corp.), 24 June 2010 (24.06.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2013-118817 A (Yaskawa Electric Corp.), 13 June 2013 (13.06.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02P29/00(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（I P C））

Int.Cl. H02P29/00

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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 2-123984 A（ファナック株式会社）1990.05.11, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2000-20104 A（株式会社安川電機）2000.01.21, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 6-284763 A（名古屋工業大学長）1994.10.07, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6

☒ 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

12.12.2014

国際調査報告の発送日

22.12.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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 耕作

3 V

9618

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 10-295092 A (サンケン電気株式会社) 1998. 11. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2010-142020 A (株式会社安川電機) 2010. 06. 24, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-6
A	JP 2013-118817 A (株式会社安川電機) 2013. 06. 13, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-6