

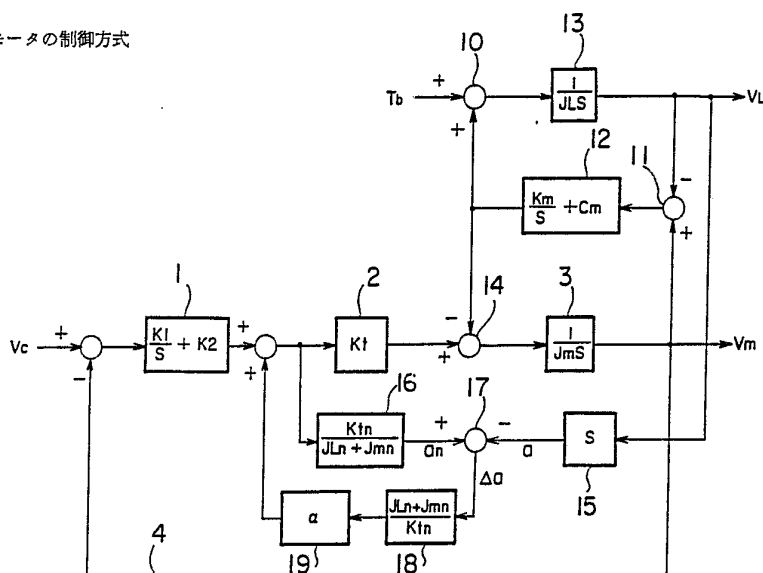


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 G05D 13/62, 3/12, H02P 5/00 G05B 13/04	A1	(11) 国際公開番号 WO 92/04668 (43) 国際公開日 1992年3月19日 (19.03.1992)
(21) 国際出願番号 PCT/JP91/01065 (22) 国際出願日 1991年8月8日 (08. 08. 91) (30) 優先権データ 特願平 2/232848 1990年9月3日 (03. 09. 90) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社 (FANUC LTD) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 岩下平輔 (IWASHITA, Yasusuke) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3527-1 ファナック第3ヴィラカラマツ Yamanashi, (JP) (74) 代理人 弁理士 服部毅巖 (HATTORI, Kiyoshi) 〒192 東京都八王子市元横山町2丁目3番9号 ホリエイセンタービル 服部特許事務所 Tokyo, (JP) (81) 指定国 AT (欧州特許), BE (欧州特許), CH (欧州特許), DE (欧州特許), DK (欧州特許), ES (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), GR (欧州特許), IT (欧州特許), LU (欧州特許), NL (欧州特許), SE (欧州特許), US.		添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title : SYSTEM FOR CONTROLLING SERVOMOTOR

(54) 発明の名称 サーボモータの制御方式



(57) Abstract

A system for controlling a servomotor in which a controlled system is a servomotor for driving a mechanical system of low rigidity such as a robot arm, and the control error of the torque of command value of the servomotor is corrected according to the estimate of a disturbance torque applied to the mechanical system. The system comprises a calculating means (15) for calculating an actual acceleration (a) of the mechanical system from its actual velocity (VL), a signal converting means (16) for converting the torque command of a servomotor (3) to an estimated acceleration (an) of the mechanical system based on the torque command, and an estimating means (18) for estimating the disturbance torque applied to the mechanical system by calculating a deviation (Δa) of the output of the calculating means (15) from the output of the signal converting means (16). Thereby, the effect of the disturbance changing nonlinearly due to a spring constant and a damping constant is suppressed.

(57) 要約

ロボットのアーム等の剛性の低い機械系を駆動するサーボモータを制御対象とし、この機械系にかかる外乱トルクの推定値によってサーボモータのトルク指令値に対する制御誤差を補正するようにしたサーボモータの制御方式である。機械系の実速度（ V_L ）から機械系の実加速度（ a ）を演算する演算手段（15）と、サーボモータ（3）のトルク指令を、このトルク指令に基づく機械系の推定加速度（ a_n ）に変換する信号変換手段（16）と、演算手段（15）および信号変換手段（16）の出力の偏差（ Δa ）を演算して機械系にかかる外乱トルクを推定する推定手段（18）とを有し、ばね定数やダンパ定数により非線型に変化する外乱の影響を抑制している。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AT	オーストリア	ES	スペイン	ML	マリ
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	MN	モンゴル
BB	バルバドス	FR	フランス	MR	モーリタニア
BE	ベルギー	GA	ガボン	MW	マラウイ
BF	ブルキナ・ファソ	GI	ギニア	NL	オランダ
BG	ブルガリア	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	PL	ポーランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	RO	ルーマニア
CA	カナダ	IT	イタリア	SD	スーダン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	SE	スウェーデン
CG	コンゴ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SN	セネガル
CH	スイス	KR	大韓民国	SU ⁺	ソビエト連邦
CI	コート・ジボアール	LI	リヒテンシュタイン	TD	チャード
CM	カメルーン	LK	スリランカ	TG	トーゴ
CS	チェコスロバキア	LU	ルクセンブルグ	US	米国
DE	ドイツ	MC	モナコ		
DK	デンマーク	MG	マダガスカル		

⁺ SUの指定はロシア連邦の指定としての効力を有する。しかし、その指定が旧ソビエト連邦のロシア連邦以外の他の国で効力を有するかは不明である。

明 細 書

サーボモータの制御方式

技 術 分 野

本発明は工作機械の送り軸やロボットアーム等を制御するサーボモータの制御方式に関し、特に制御系に対する外乱トルクをソフト的に抑圧するようにしたサーボモータの制御方式に関する。

背 景 技 術

産業用ロボットや工作機械では、送り軸やロボットアーム等の機械系に加わる外乱トルクの影響によってサーボ機構に指令された速度や位置に誤差が生じる。したがって機械系の駆動源となるサーボモータを制御するときには、外乱トルクの影響を除去するために、機械系入力に対する外乱トルクを推定してサーボモータへのトルク指令を補正する必要がある。

第4図は、従来速度制御系の一例を示すブロック線図である。伝達要素1は積分ゲイン k_1 と比例ゲイン k_2 を含むPI制御回路を示し、伝達要素2はトルク定数 k_t を含むトルク指令の増幅回路を示している。

サーボモータ3は、その実速度 V_m がフィードバックループ4によって速度指令 V_c と比較され、その差信号により制御されるが、一般にこのような差信号に基づく上記トルク指令には外乱トルク T_a が加わる。そこで、この外乱トルク T

a の大きさに応じてトルク指令を補正する必要から、実速度信号から微分要素 5 により実加速度 a を、伝達要素 2 の入力側のトルク指令信号によりサーボモータ 3 の推定加速度 a_n をそれぞれ演算し、この外乱トルク T_a の大きさを推定し、制御誤差を補正するためのマイナーループを構成している。

すなわちサーボモータ 3 の推定加速度を演算する演算器 6 は、推定トルク定数 k_{tn} を推定モータイナーシャ J_{mn} で除した比例定数 (k_{tn} / J_{mn}) を有し、伝達要素 7 はその逆数の比例定数 (J_{mn} / k_{tn}) を有している。そして伝達要素 7 では信号 a と a_n との偏差 Δa に対して演算を施して外乱トルクの推定値を決定し、その推定された外乱に対応する正規化された補正值を出力している。伝達要素 8 は 0 ~ 1 の間で任意に設定可能な補正係数 α を含む補正回路である。

上記構成のサーボモータの制御方式によれば、サーボモータ 3 と結合される機械系に一定の剛性があれば、外乱トルクの影響をある程度まで除去することが可能である。

しかし、従来のサーボモータの制御方式では、サーボモータ 3 と機械系とがリジッドに結合されていない場合に、モータ速度と機械系の速度との偏差に応じて外乱トルク値が変動するため、モータ加速度に外乱トルクが直接には反映されない。そのため、特に機械系の共振周波数の半分を越す大きさの外乱に対しては、有効に制御誤差を補正することが出来なくなるという問題がある。

発 明 の 開 示

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、機械系の剛性が低いサーボ系に対する外乱の影響を有効に除去できるサーボモータの制御方式を提供することを目的とする。

本発明では上記課題を解決するために、

剛性の低い機械系を駆動するサーボモータを制御対象とし、この機械系にかかる外乱トルクの推定値によってサーボモータのトルク指令値に対する制御誤差を補正するようにしたサーボモータの制御方式において、前記機械系の実速度から機械系の実加速度を演算する演算手段と、前記サーボモータのトルク指令を、このトルク指令に基づく前記機械系の推定加速度に変換する信号変換手段と、前記演算手段および前記信号変換手段の出力の偏差を演算して前記機械系にかかる外乱トルクを推定する推定手段とを有することを特徴とするサーボモータの制御方式が提供される。

本発明のサーボモータの制御方式では、剛性の低い機械系をサーボモータにより速度制御或いは位置制御する時に、サーボモータへの電流指令と機械系の実加速度に基づいて外乱トルクの推定値を求めて制御誤差を補正することによって、ばね定数やダンパ定数により非線型に変化する外乱のトルク指令に対する影響を抑制している。

図 面 の 簡 単 な 説 明

第1図は本発明の一実施例方式を示す制御系のブロック線図、

第 2 図はサーボモータ負荷系の一例を示す図、
第 3 図は外乱トルクに対する位置の制御誤差を示す図、
第 4 図は、従来の速度制御系の一例を示すブロック線図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。

第 1 図は、本発明のサーボモータの制御方式を示すブロック線図であり、第 2 図には制御対象であるサーボモータとその出力軸に接続された負荷系との結合部分をなすばね系のモデルを示している。

第 2 図において、2、3 はそれぞれ第 4 図の伝達要素 2 およびサーボモータ 3 に対応しており、ここで外乱トルク T_b とは、機械側 A の加算器 10 への入力として想定される、たとえば切削負荷などである。機械側 A とモータ側 B は、モータシャフトに接続される変速手段などによってばね結合されており、その結果、加算器 11 からモータ速度 V_m と機械速度 V_L との偏差がばね定数 K_m とダンパ定数 C_m を含むねじれ要素 12 において増幅され、この伝達要素 12 の出力が、それぞれ機械側 A とモータ側 B への外乱として与えられる。

従って、負荷トルク J_L を含む機械系の伝達要素 13 には、切削負荷などの外乱 T_b 以外に摩擦やトルクリップルなどのモータ側 B からの外乱が加算器 10 への + 入力として、またモータ側 B の加算器 14 には - 入力として供給されることになる。

第1図に示すものは、このような剛性の低い機械系を駆動するサーボモータ3を制御対象とするサーボモータの制御方式の一例である。サーボモータ3の速度指令 V_c に対する補償回路である伝達要素1, 2およびフィードバックループ4は、第4図の1, 2および4とそれぞれ対応している。ここでは更に速度制御系の外側に、図には示していない位置ループを設けて、いわゆるクローズド・ループ方式により位置精度を高めることが可能である。

本発明では、上記伝達要素13の出力、すなわち機械速度 V_L を制御系にフィードバックすることによって、制御誤差を補正するためのマイナーループを構成し、機械系にかかる外乱トルク T_b の推定値によってサーボモータのトルク指令値 T_c に対する制御誤差を補正するようにしている。

第1図の実施例では、微分要素15にモータ速度 V_m ではなく機械速度 V_L を入力し、実加速度 a として機械速度 V_L を微分した値を使用している。この実加速度 a は、伝達要素2の入力側のトルク指令信号を変換して得られる機械系の推定加速度 a_n と比較され、機械系にかかる外乱トルク T_b の大きさを推定している。

すなわち、機械系の推定加速度 a_n を演算する伝達要素16は、推定トルク定数 k_{tn} を推定モータイナーシャ J_{mn} と推定負荷トルク J_{Ln} との和で除した比例定数

$$k_{tn} / (J_{mn} + J_{Ln})$$

により構成されている。更に演算器17によって、実加速度 a と推定加速度 a_n との偏差 Δa を演算して、伝達要素18

ではこの偏差 Δa に対して演算を施して外乱トルクの推定値を決定し、さらに伝達要素 19 からその推定された外乱トルクの大きさに対応する正規化された補正值を出力している。この場合に、トルク定数 k_t やモータイナーシャ J_m 及び負荷トルク J_L は、いずれも制御系や機械系に固有な値であって、しかも所定の周波数特性を持つため、ここでは第 4 図の従来方式のものと同様にそれらの推定値 k_{tn} , J_{mn} , J_{Ln} が使用されている。

伝達要素 19 は、上記したように推定された外乱トルク値を補正する補正回路であって、0 ～ 1 の間で任意に設定可能な補正係数 α を含むものである。この係数値 α は機械側とモータ側との結合定数を決定する上記ねじれ要素 12 に応じて設定されるが、一般に 0.8 程度が選択される。

第 3 図は、第 1 図の速度制御系を用いて位置ループを組んだ時の外乱トルクに対する位置の制御誤差を示す図である。ここで従来例として示す曲線は、第 4 図の制御系をシミュレートした場合の制御特性であって、横軸は外乱トルクの周波数を対数表示によって示す対数軸、縦軸は機械位置の制御誤差を示す対数軸である。従来例も本発明もそのカットオフ周波数が 30 Hz、ダンピング係数が 0.1 となるように伝達要素 12 の係数値 K_m , C_m を設定して、伝達要素 20 から帰還される補正出力が 100% となるように、計数値 α を 1 としてソフトウェアプログラムによってシミュレートされたものである。

従来例の曲線は、サーボ系の位置誤差が最大 10^{-5} のオー

ダであることを示している。これに対して本発明の速度制御系における制御特性は、トルク指令値 T_c に対する制御誤差を機械系の実加速度に基づいて補正することにより、位置誤差の最大値が 10^{-6} 以下の大きさまで抑制されていることを示している。

ここに示されるように、本発明方式では機械系の剛性が低い場合に、機械系にかかる外乱の影響を低減でき、指令された制御量に正確に追従するサーボ系を構成できる。

以上説明したように本発明によれば、サーボモータへの電流指令と機械系の実加速度に基づいて外乱トルクの推定値を求めて制御誤差を補正することによって、ばね定数やダンパ定数により非線形に変化する外乱のトルク指令に対する影響を抑制しているので、指令された制御量に正確に追従させることができる。

請 求 の 範 囲

1. 剛性の低い機械系を駆動するサーボモータを制御対象とし、この機械系にかかる外乱トルクの推定値によってサーボモータのトルク指令値に対する制御誤差を補正するようにしたサーボモータの制御方式において、

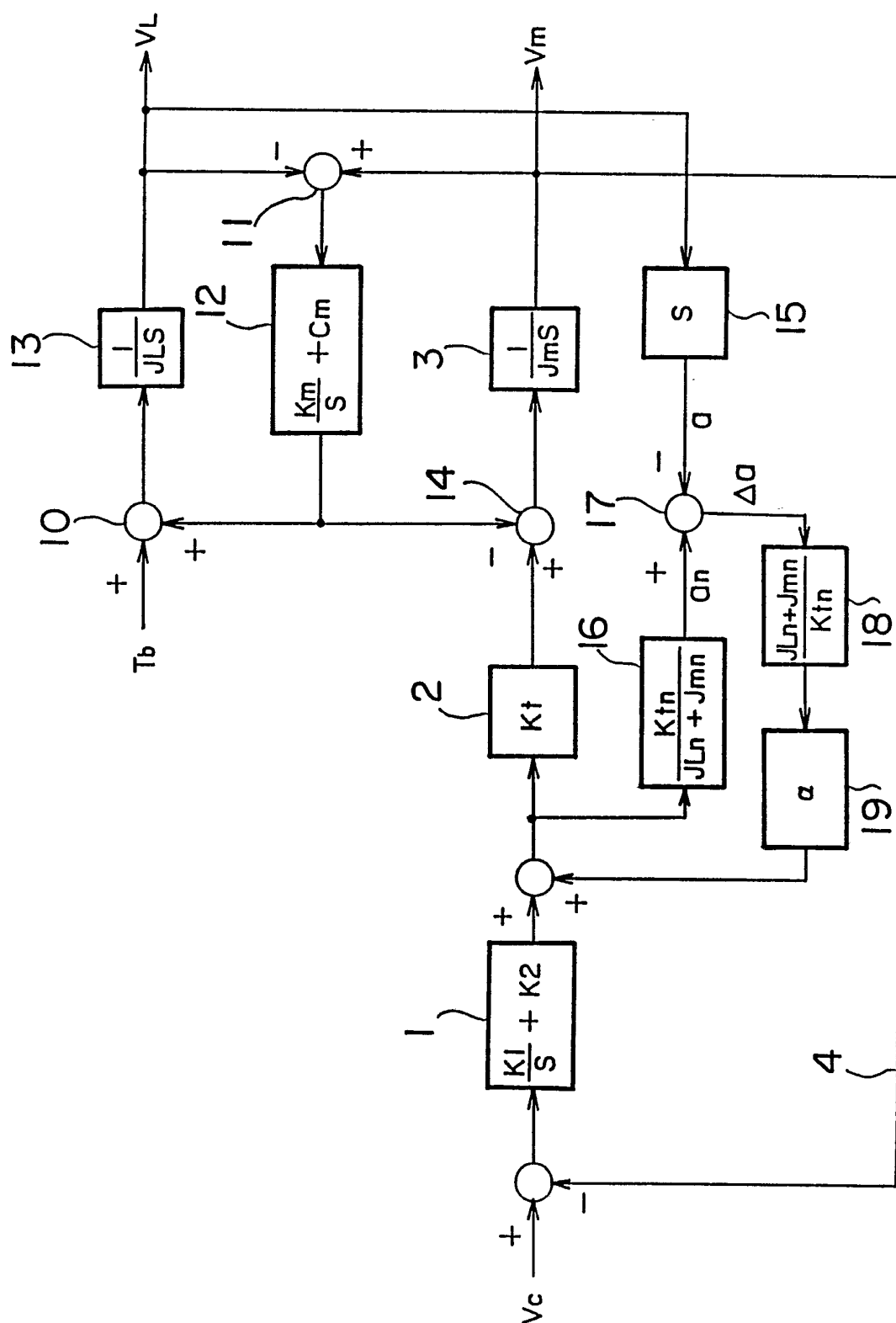
前記機械系の実速度から機械系の実加速度を演算する演算手段と、

前記サーボモータのトルク指令を、このトルク指令に基づく前記機械系の推定加速度に変換する信号変換手段と、

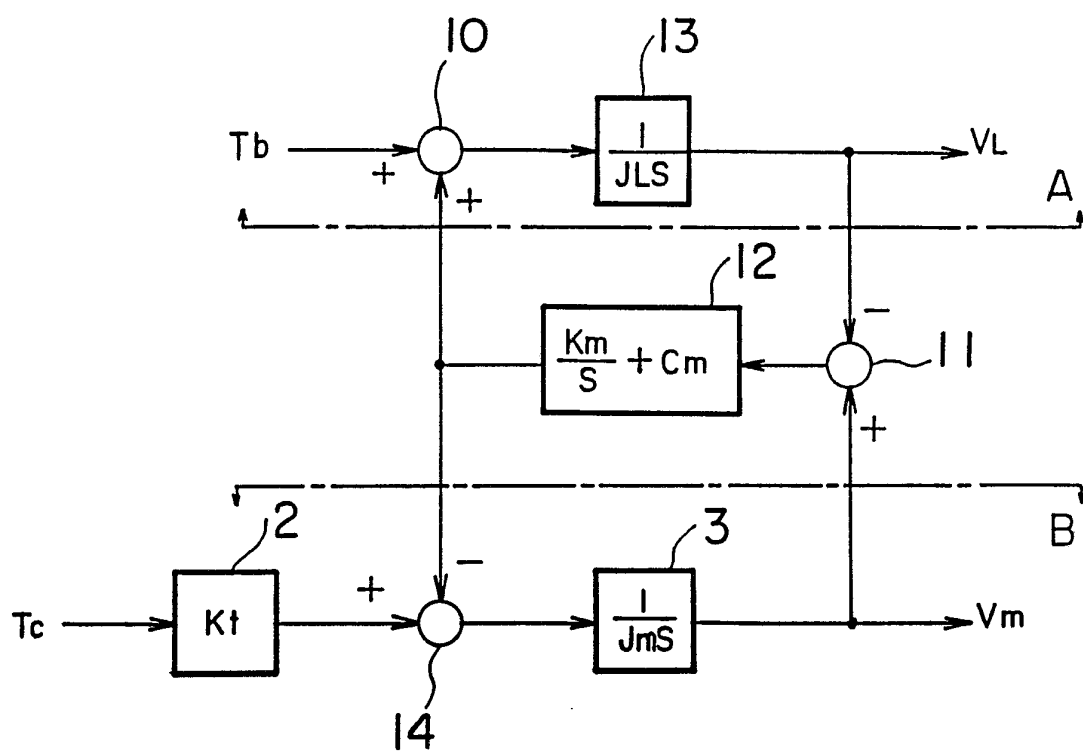
前記演算手段および前記信号変換手段の出力の偏差を演算して前記機械系にかかる外乱トルクを推定する推定手段と、
を有することを特徴とするサーボモータの制御方式。

2. 前記推定手段で推定された外乱トルク値を補正する補正手段をさらに有し、この補正出力を前記サーボモータのトルク指令値に加えることによって制御誤差を補正するようにしたことを特徴とする請求項1記載のサーボモータの制御方式。

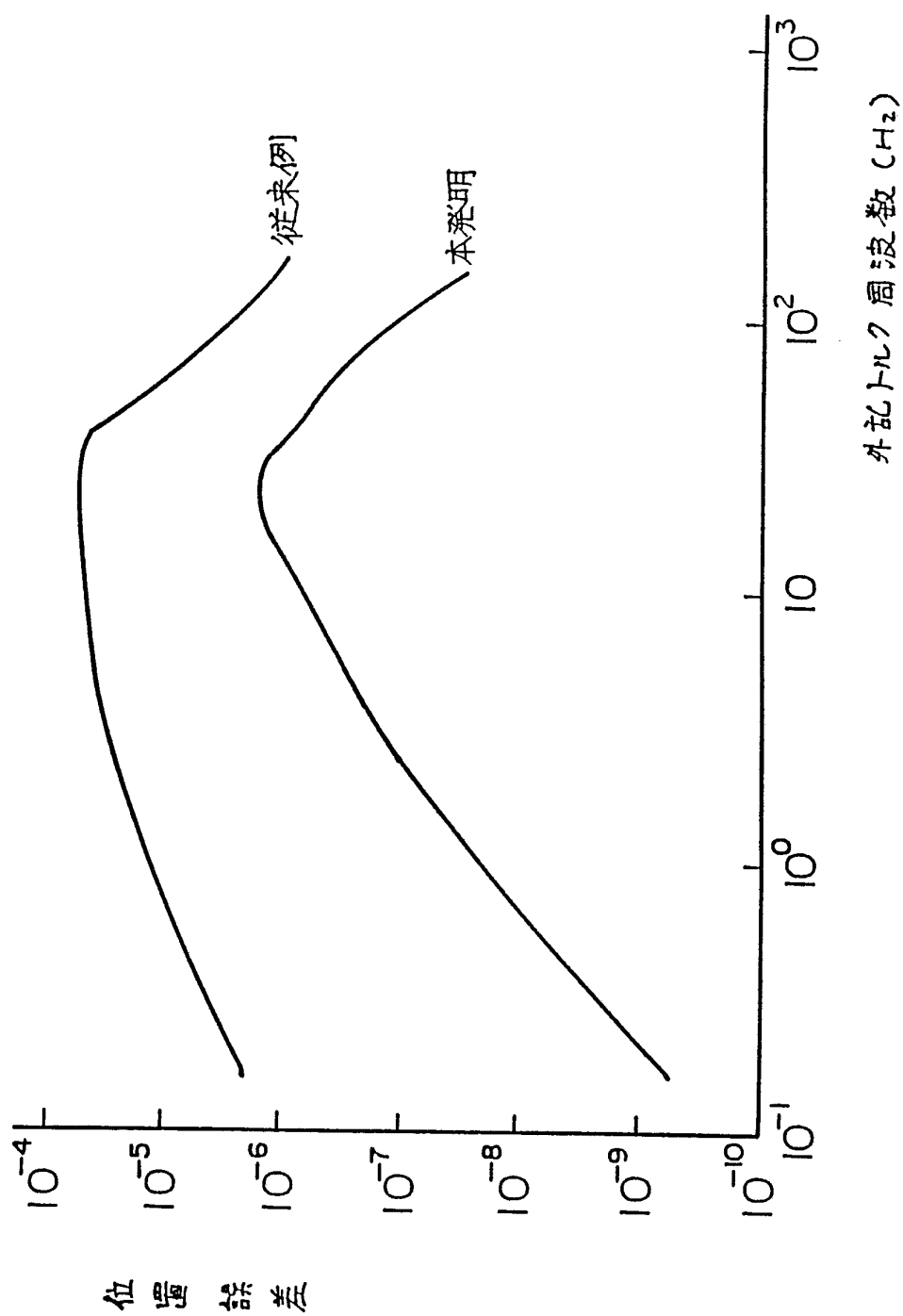
3. 前記補正手段は、0乃至1の範囲で可変設定される補正係数を含み、前記機械系のダンピング係数に応じて補正出力を決定して制御誤差を補正するようにしたことを特徴とする請求項2記載のサーボモータの制御方式。



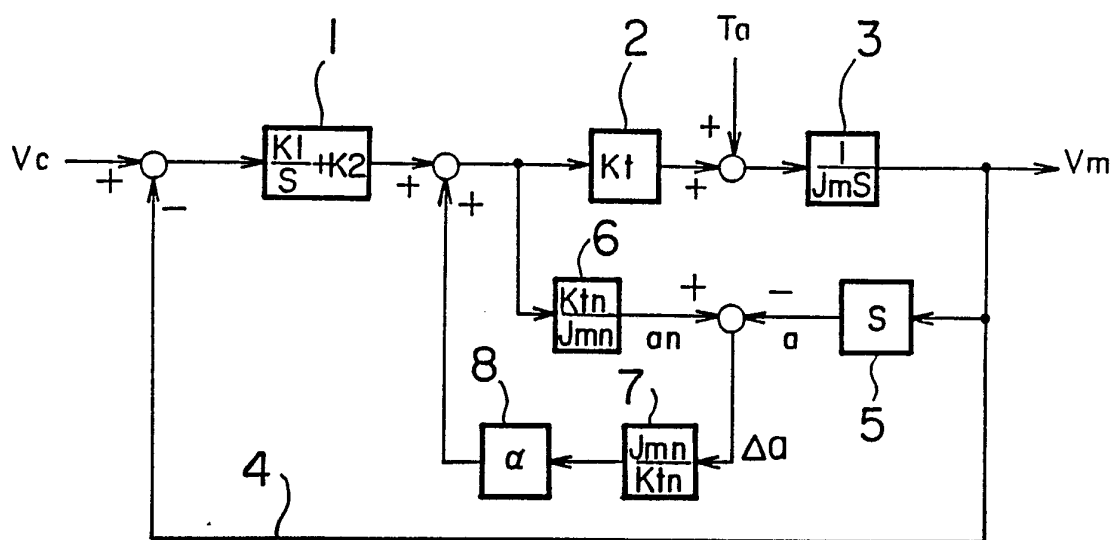
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP91/01065

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl ⁵ G05D13/62, 3/12, H02P5/00, G05B13/04		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System :	Classification Symbols	
IPC	G05D13/62, 3/12, 15/00, G05B13/04	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1991	
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1991	
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	JP, A, 2-136906 (Mitsubishi Electric Corp.), May 25, 1990 (25. 05. 90), (Family: none)	1-3
Y	JP, A, 2-10411 (Mitsubishi Metal Corp.), January 16, 1990 (16. 01. 90), Line 5, upper left column to line 20, lower left column, page 3 (Family: none)	1-3
A	JP, A, 3-80311 (Mitsutoyo Corp.), April 5, 1991 (05. 04. 91), (Family: none)	1-3
¹⁰ 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 document 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 "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 "G" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
October 31, 1991 (31. 10. 91)	November 18, 1991 (18. 11. 91)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
Japanese Patent Office		

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC) Int. Cl. ⁸ G05D13/62, 3/12, H02P5/00 G05B13/04		
II. 国際調査を行った分野		
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料		
分 類 体 系	分 類 記 号	
I P C	G05D13/62, 3/12, 15/00 G05B13/04	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1971-1991年 日本国公開実用新案公報 1971-1991年		
III. 関連する技術に関する文献		
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	請求の範囲の番号
Y	JP, A, 2-136906 (三菱電機株式会社), 25. 5月. 1990 (25. 05. 90), (ファミリーなし)	1-3
Y	JP, A, 2-10411 (三菱金属株式会社), 16. 1月. 1990 (16. 01. 90), 第3頁左上欄第 5行-左下欄第20行, (ファミリーなし)	1-3
A	JP, A, 3-80311 (株式会社 ミットヨ), 5. 4月. 1991 (05. 04. 91), (ファミリーなし)	1-3
※ 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」 先行文献ではあるが、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の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の文献		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
31. 10. 91	18.11.91	
国際調査機関	権限のある職員	3 H 7 6 2 3
日本国特許庁 (ISA/JP)	特許庁審査官 高 松 達	(印)