

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2005-293564  
(P2005-293564A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G05D 3/12</b>	G05D 3/12 305V	5H004
<b>G05B 13/00</b>	G05B 13/00 A	5H269
<b>G05B 19/404</b>	G05B 19/404 J	5H303

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2005-64832 (P2005-64832)	(71) 出願人 000132725 株式会社ソディック 神奈川県横浜市都筑区仲町台3丁目12番1号
(22) 出願日 平成17年3月9日(2005. 3. 9)	
(31) 優先権主張番号 10/816864	(72) 発明者 米田 康治 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95131、サンノゼ、ペーリング・ドライブ、2182 ソディック・アメリカ・コーポレーション内
(32) 優先日 平成16年4月5日(2004. 4. 5)	Fターム(参考) 5H004 GA01 GB16 HA07 HB07 HB08 JA03 JB23 KA32 KA74 LA02 LA12 5H269 BB03 EE01 EE03 GG03 GG05 GG09
(33) 優先権主張国 米国 (US)	

最終頁に続く

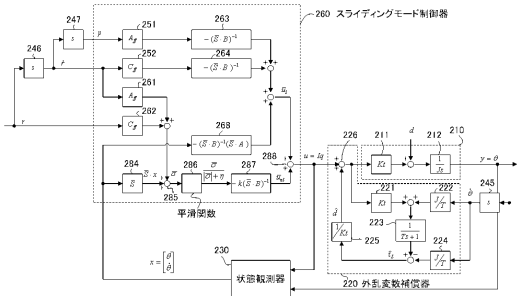
(54) 【発明の名称】 スライディングモード制御器を有する位置制御装置

(57) 【要約】

【課題】 サーボモータとサーボモータによって駆動される移動体を含む制御システムの位置を指令値に十分に追従させると共に、制御システムからフィードバックされた測定位置にオーバーシュートが発生することを防止する。

【解決手段】 位置制御装置は、位置指令  $r$  と制御システムの状態変数  $x$  とを受け取り制御入力  $u$  をサーボモータへ提供するスライディングモード制御器と、フィードバック速度に基づいて制御入力  $u$  を補償する外乱変数補償器とを含む。状態変数  $x$  は、 $\theta$  をフィードバック位置、 $\dot{\theta}$  をフィードバック速度として、以下の通り表され、超平面行列  $S$  を  $[S_2 \ S_3]$  としてスライディングモード制御器中の切換関数  $\sigma$  は  $S \cdot x$  を含む。

$$x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

サーボモータとサーボモータによって駆動される移動体を含む制御システムの位置を指令値に追従させる位置制御装置において、

をフィードバック位置、 $\dot{\theta}$ をフィードバック速度として、状態変数  $x$  が数式 1 の通り表され、

## 【数 1】

$$x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$

10

位置指令  $r$  と制御システムの状態変数  $x$  とを受け取り制御入力  $u$  をサーボモータへ提供するスライディングモード制御器と、フィードバック速度に基づいて制御入力  $u$  を補償する外乱変数補償器とを含み、

超平面行列  $S$  を  $[S_2 \quad S_3]$  としてスライディングモード制御器中の切換関数  $\sigma$  が  $S \cdot x$  を含む位置制御装置。

## 【請求項 2】

サーボモータへの制御入力  $u$  は  $q$  軸電流である請求項 1 に記載の位置制御装置。

## 【請求項 3】

$J$  が慣性モーメントを表し  $K_t$  がサーボモータのトルク定数をあらわすものとして、制御システムの状態方程式が数式 2 の通り表される請求項 1 に記載の位置制御装置。

## 【数 2】

$$\begin{cases} \dot{x} = A \cdot x + B \cdot u \\ y = C \cdot x \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ K_t/J \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0], x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}, u = Iq$$

30

## 【請求項 4】

制御システムの運動方程式が数式 3 の通り表される請求項 3 に記載の位置制御装置。

## 【数 3】

$$J\ddot{\theta} = K_t \cdot Iq - d$$

## 【請求項 5】

前記スライディングモード制御器には指令速度  $\dot{r}$  と指令加速度  $\ddot{r}$  が入力され、 $C_{ff}$  と  $A_{ff}$  をゲインとして切換関数  $\sigma$  は数式 4 の通り表され、

## 【数 4】

$$\sigma = S \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r}$$

40

制御入力  $u$  は線形制御入力  $u_l$  と非線形制御入力  $u_{nl}$  の和であり非線形制御入力  $u_{nl}$  は数式 5 の通り表される請求項 3 に記載の位置制御装置。

## 【数 5】

$$u_l = -(S \cdot B)^{-1} (S \cdot A \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r})$$

## 【請求項 6】

非線形制御入力  $u_{nl}$  は数式 6 の通り表される請求項 5 に記載の位置制御装置。

【数 6】

$$\bar{u}_{nl} = -k(\bar{S} \cdot B)^{-1} \frac{\bar{\sigma}}{|\bar{\sigma}| + \eta}$$

【請求項 7】

サーボモータとサーボモータによって駆動される移動体を含む制御システムの位置を指令値に追従させる位置制御装置において、

をフィードバック位置、 $\dot{d}$  をフィードバック速度として、状態変数  $x$  が数式 1 の通り表され、

【数 1】

$$x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$

位置指令  $r$  と制御システムの状態変数  $x$  とを受け取り制御入力  $u$  をサーボモータへ提供するスライディングモード制御器と、フィードバック速度に基づいて制御入力  $u$  を補償する外乱変数補償器とを含む位置制御装置。

【請求項 8】

20

サーボモータへの制御入力  $u$  は  $q$  軸電流である請求項 7 に記載の位置制御装置。

【請求項 9】

$J$  が慣性モーメントを表し  $K_t$  がサーボモータのトルク定数を表すものとして、制御システムの状態方程式が数式 2 の通り表される請求項 7 に記載の位置制御装置。

【数 2】

$$\begin{cases} \dot{x} = A \cdot x + B \cdot u \\ y = C \cdot x \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ K_t/J \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0], x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}, u = Iq$$

30

【請求項 10】

制御システムの運動方程式が数式 3 の通り表される請求項 9 に記載の位置制御装置。

【数 3】

$$J\ddot{\theta} = K_t \cdot Iq - d$$

【請求項 11】

前記スライディングモード制御器には指令速度  $\dot{r}$  と指令加速度  $\ddot{r}$  が入力され、 $C_{ff}$  と  $A_{ff}$  をゲインとして切換関数  $\sigma$  が数式 7 の通り表され、

【数 7】

$$\sigma = S \cdot x + C_{ff} \cdot r + A_{ff} \cdot \dot{r}$$

$$S = [S_2 \quad S_3]$$

制御入力  $u$  は線形制御入力  $u_{l1}$  と非線形制御入力  $u_{nl}$  の和であり非線形制御入力  $u_{nl}$  は数式 5 の通り表される請求項 9 に記載の位置制御装置。

40

【数 5】

$$u_l = -(S \cdot B)^{-1}(S \cdot A \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r})$$

【請求項 1 2】

非線形制御入力は数式 6 の通り表される請求項 1 1 に記載の位置制御装置。

【数 6】

$$\bar{u}_{nl} = -k(\bar{S} \cdot B)^{-1} \frac{\bar{\sigma}}{|\bar{\sigma}| + \eta}$$

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サーボモータ又はサーボモータによって駆動される移動体を位置決めする制御装置に関し、特に、スライディングモード制御器を有する位置制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械の刃のような移動体を位置決めする位置制御装置は、多くの場合、比例 - 積分 - 微分（「PID」）制御器を含んでおり、PID制御器は古典制御理論に基づいて設計される。移動体の位置、あるいは移動体を駆動するサーボモータの位置は、ロータリエンコーダやリニアエンコーダのような位置検出器を用いて検出され、検出された位置は位置制御装置へ送信される。指令位置と検出位置との差は偏差としてPID制御器へ入力され、PID制御器ゲインはサーボモータ応答を確かめながらサーボ系に応じて調整される。比例ゲインを増大させるとプロセスの安定性を改善することができるが、比例ゲインを過剰に増大させると振動が発生するおそれがある。比例ゲインを振動が起きないレベルまで減少させたら、積分ゲインを変えることによってシステムの安定性をさらに改善することができる。

20

【0003】

非特許文献 1 に紹介されているような、スライディングモード制御理論として知られる他の従来の制御理論を使用して、設計が容易で制御性が良い制御器を設計することができる。スライディングモード制御器は、制御入力を決定するゲインを切換関数に従って変化させることによって制御システムの状態を超平面上にモデル化する。スライディングモード制御理論は、工作機械に取り付けられた移動体を位置決めする制御装置に組み込まれるようになった。特許文献 1 は、サーボモータによって駆動されるロボットや工作機械に対してスライディングモード制御理論を応用して位置・速度制御を行うことを開示している。

30

【0004】

図 6 は、従来の位置制御装置の一例を示している。位置制御装置は、制御システム 10 へ制御入力  $u$  を供給するスライディングモード制御器 50 と、外乱にตอบสนองして制御入力  $u$  を補償する外乱変数補償器 20 と、状態変数  $x$  を観測する状態観測器 30 とを含む。制御システム 10 は、移動体（図示されていない）、サーボモータ（図示されていない）、モータトルク定数 11、伝達関数 12 を含む。モータトルク定数 11 と伝達関数 12 に関して、 $J$  は慣性モーメント、 $s$  はラプラス演算子、 $K_t$  はモータのトルク定数を示す。制御システム 10 の運動方程式は、数式 1 によって表される。

40

【数 1】

$$J\ddot{\theta} = K_t \cdot I_q - d$$

【0005】

数式 1 において、 $\theta$  はサーボモータの角度位置、 $I_q$  は  $q$  軸電流、 $d$  は外乱値である。数式 1 に基づいて、状態変数  $x$ 、制御入力  $u$ 、被制御変数  $y$  の関数を表す状態方程式は、数

50

式 2 を用いて表される。

【数 2】

$$\begin{cases} \dot{x} = A \cdot x + B \cdot u \\ y = C \cdot x \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ Kt/J \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0], x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}, u = Iq$$

10

【0006】

上述のサーボ系では、定常偏差を特定し消去することが必須である。従って、指令位置  $r$  と制御システム 10 から出力されるフィードバック位置  $y$  との偏差  $e$  の積分値  $v$  が切換関数 へ与えられる。この点に関して、スライディングモード制御をサーボ系に拡大するための状態方程式が、下記の数式 3 中に示され、切換関数 が数式 4 中に示される。

【数 3】

$$\dot{z} = A_s \cdot z + B_s \cdot u + E_s \cdot r + F_s \cdot d$$

$$A_s = \begin{bmatrix} 0 & -C \\ 0 & A \end{bmatrix}, B_s = \begin{bmatrix} 0 \\ B \end{bmatrix}, E_s = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, F_s = [0 \quad 1]^T, z = \begin{bmatrix} v \\ x \end{bmatrix}$$

20

$$\dot{v} = e = r - y$$

【数 4】

$$\sigma = S \cdot z$$

$$S = [S_1 \quad S_2 \quad S_3]$$

30

【0007】

フィードバック位置  $y$  は、位置検出器から出力された測定位置、または適当な状態観測器から出力された推定位置である。指令位置  $r$  とフィードバック位置  $y$  との間の差である偏差  $e$  は、減算器 71 から積分器 72 へ送られる。状態観測器 30 は、フィードバック信号  $y$  と制御入力  $u$  の両方を入力として受け取り、状態変数  $x$  をスライディングモード制御器 50 へ供給する。状態変数  $x$  と積分器 72 からの出力  $v$  はベクトル化器 73 へ送られ、ベクトル化器 73 はベクトル  $z$  を出力する。乗算器 74 を用いてベクトル  $z$  に超平面行列  $S$  が掛けられる。

【0008】

スライディングモード制御器 50 の設計及び制御は、数式 5 の制御則に従うものとする。 40

【数 5】

$$u = u_l + u_{nl}$$

【0009】

ここで、 $u_l$  は制御システム 10 の状態が切換超平面の上を滑ってゆくようにさせる線形制御入力であり、 $u_{nl}$  は制御システム 10 の状態が切換超平面の方へ向かうようにさせる非線形制御入力である。線形制御入力  $u_l$  は、数式 6 によって表され、非線形制御入力  $u_{nl}$  は数式 7 によって表される。

【数 6】

$$u_l = -(S \cdot B_s)^{-1} (S \cdot A_s \cdot z + S \cdot E_s \cdot r)$$

【数 7】

$$u_{nl} = -k(S \cdot B_s)^{-1} \frac{\sigma}{|\sigma| + \eta}$$

【0010】

高速で移動する工作機械に関して、移動中の追従性を向上させるために、通常、速度及び加速のフィードフォワード補償が行われる。このような特定の場合、切換関数は、数式 8 によって表され、線形制御入力  $u_l$  は数式 9 によって表される。

【数 8】

$$\sigma = S \cdot z + C_{ff} \cdot r + A_{ff} \cdot \dot{r}$$

【数 9】

$$u_l = -(S \cdot B_s)^{-1} (S \cdot A_s \cdot z + S \cdot E_s \cdot r + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r})$$

【0011】

図 6 中にイラストされた位置制御装置では、指令位置  $r$  を微分する微分器 46 が指令速度  $\dot{r}$  を発生し、指令速度  $\dot{r}$  を微分する微分器 47 が指令加速度  $\ddot{r}$  を発生する。フィードフォワード補償器 61 がゲイン  $A_{ff}$  を用いて指令速度  $\dot{r}$  を増幅し、フィードフォワード補償器 62 がゲイン  $C_{ff}$  を用いて指令位置  $r$  を増幅する。乗算器 74 の出力  $S \cdot z$  と、フィードフォワード補償器 61 とフィードフォワード補償器 62 の出力とが加算器 75 へ供給され、切換関数  $\sigma$  が加算器 75 から平滑関数 76 へ送信される。平滑関数 76 からの出力がブロック 77 に入力され、ブロック 77 は数式 7 に基づいて非線形制御入力  $u_{nl}$  を加算器 78 へ送る。フィードフォワード補償器 51 がゲイン  $A_{ff}$  を用いて指令加速度  $\ddot{r}$  を増幅し、フィードフォワード補償器 52 がゲイン  $C_{ff}$  を用いて指令速度  $\dot{r}$  を増幅する。フィードフォワード補償器 51 とフィードフォワード補償器 52 の出力はそれぞれブロック 53 とブロック 54 へ送信され、指令位置  $r$  とベクトル  $z$  はそれぞれブロック 55 とブロック 56 へ送信される。線形制御入力  $u_l$  が、数式 9 に基づいて、ブロック 53、ブロック 54、ブロック 55、ブロック 56 の出力として発生する。加算器 78 は、スライディングモード制御器 50 の出力である制御入力  $u$  すなわち  $q$  軸電流  $I_q$  を発生する。スライディングモード制御器 50 は、制御入力  $u$  を変化させることによって制御システム 10 の状態を切換超平面上に制御する。

【特許文献 1】特開平 5 - 257537 号公報

【非特許文献 1】野波健蔵、田宏奇著「スライディングモード制御 非線形ロボスト制御の設計理論」コロナ社 1994 年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

移動中にサーボモータが指令入力に十分に追従するようスライディングモード制御器 50 中のゲインをサーボ系に応じて調整しなければならない。もし、積分値  $v$  のゲインに相当する、ブロック 74 中の要素  $S$  1 を増大させると、ステッピング応答に望ましくないオーバーシュートが起こるおそれがある。

【0013】

本発明の目的は、先行技術の位置制御システムに見られる不都合、特に、移動中の追従性を損なうことなくオーバーシュートを防止することに関わる不都合に取り組むことである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

本発明によれば、サーボモータとサーボモータによって駆動される移動体を含む制御システムの位置を指令値に追従させる位置制御装置は、数式10に従って指令位置 $r$ と制御システムの状態変数 $x$ とを受け取りサーボモータへ制御入力 $u$ を提供するスライディングモード制御器を含む。

## 【数10】

$$x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$

10

## 【0015】

数式10において、 $\theta$ はフィードバック位置、 $\dot{\theta}$ はフィードバック速度である。位置制御装置は、また、フィードバック速度 $\dot{\theta}$ に基づいて制御入力 $u$ を補償する外乱変数補償器を含み、超平面行列 $S$ を $[S_2 \quad S_3]$ としてスライディングモード制御器中の切換関数 $\sigma$ が $S \cdot x$ を含む。

## 【0016】

好ましくは、指令速度 $\dot{r}$ 、指令加速度 $\ddot{r}$ 、ゲインとしての $C_{ff}$ 、 $A_{ff}$ が、スライディングモード制御器に入力される。切換関数 $\sigma$ は数式11によって表される。

20

## 【数11】

$$\sigma = S \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r}$$

制御入力 $u$ は線形制御入力 $u_l$ と非線形制御入力 $u_{nl}$ の和であり、線形制御入力 $u_l$ は数式12によって表される。

## 【数12】

$$u_l = -(S \cdot B)^{-1} (S \cdot A \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r})$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ Kt/J \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}, u = Iq$$

30

## 【0017】

第2の側面において、本発明は、サーボモータとサーボモータによって駆動される移動体を含む制御システムの位置を指令値に追従させる位置制御装置である。その位置制御装置は、積分要素を用いることなく指令位置 $r$ と制御システムの状態変数 $x$ とを受け取りサーボモータへ制御入力 $u$ を提供するスライディングモード制御器を含む。ここで、状態変数 $x$ は、 $\theta$ をフィードバック位置、 $\dot{\theta}$ をフィードバック速度として数式10によって表される。位置制御装置は、さらに、フィードバック速度 $\dot{\theta}$ に基づいて制御入力 $u$ を補償する外乱変数補償器を含む。

40

## 【0018】

この簡単な要約は発明の本質を即座に理解できるように提供された。発明の好適な実施例の下記の詳細な説明を添付の図面と関連させて参照することによって、発明をより完全に理解できる。他の実施例を利用したり、本発明の範囲から逸脱することなく変更を加えることができることが理解される。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0019】

図1は、本発明による位置制御装置の一例をイラストしている。位置制御装置は、制御入

50

力  $u$  を制御システムへ供給するスライディングモード制御器と、外乱にตอบสนองして制御入力  $u$  を補償する外乱変数補償器と、状態変数  $x$  を観測する状態観測器とを含む。

【 0 0 2 0 】

スライディングモード制御器 2 6 0 は、いかなる積分要素も含んでいない。スライディングモード制御器 2 6 0 の内部では、指令位置  $r$  とフィードバック位置  $y$  との偏差の積分値は切換関数へ供給されていない。外乱変数補償器 2 2 0 は全ての偏差を外乱と見なして補償する。切換関数は以下の通り表される。

【 数 1 3 】

$$\bar{\sigma} = \bar{S} \cdot x$$

$$\bar{S} = [S_2 \quad S_3], x = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}$$

10

【 0 0 2 1 】

数式 1 3 中の切換関数と超平面行列は、数式 4 中のそれらと区別するために  $\bar{b} a r$  と  $S \bar{b} a r$  を用いて表されている。状態観測器 2 3 0 は、フィードバック位置  $y$  と制御入力  $u$  を入力として受け取り、状態変数  $x$  をスライディングモード制御器 2 6 0 へ供給する。乗算器 2 8 4 を用いて状態変数  $x$  に超平面行列  $S \bar{b} a r$  が掛けられる。

【 0 0 2 2 】

スライディングモード制御器 2 6 0 も、数式 5 の制御則に従うものとする。線形及び非線形制御入力はそれぞれ数式 1 4 及び 1 5 によって表される。

【 数 1 4 】

$$\bar{u}_l = -(\bar{S} \cdot B)^{-1}(\bar{S} \cdot A \cdot x)$$

【 数 1 5 】

$$\bar{u}_{nl} = -k(\bar{S} \cdot B)^{-1} \frac{\bar{\sigma}}{|\bar{\sigma}| + \eta}$$

30

数式 1 4 及び 1 5 の線形及び非線形制御入力は、数式 6 及び 7 中のそれらと区別するために  $\bar{u} l$  と  $\bar{u} n l$  を用いて表されている。速度と加速度のフィードバック補償を用いて移動中の追従性を向上させるため、数式 1 3 と 1 4 は、それぞれ数式 1 6 と 1 7 によって表される。

【 数 1 6 】

$$\bar{\sigma} = \bar{S} \cdot x + C_{ff} \cdot r + A_{ff} \cdot \dot{r}$$

40

【 数 1 7 】

$$\bar{u}_l = -(\bar{S} \cdot B)^{-1}(\bar{S} \cdot A \cdot x + C_{ff} \cdot \dot{r} + A_{ff} \cdot \ddot{r})$$

【 0 0 2 3 】

数値制御装置（図示されていない）からの指令位置  $r$  がブロック 2 6 2 へ供給される。指令速度  $r d o t$  はフィードフォワード補償器 2 5 2 とフィードフォワード補償器 2 6 1 へ送られ、指令加速度  $r d d o t$  はフィードフォワード補償器 2 5 1 へ送られる。乗算器 2 8 4 の出力  $S \bar{b} a r \cdot x$  と、フィードフォワード補償器 2 6 1 とフィードフォワード補償器 2 6 2 の出力とが加算器 2 8 5 へ供給され、切換関数  $\bar{b} a r$  が加算器 2 8 5 から平滑

50



関数 286 へ送られる。平滑関数 286 の出力がブロック 287 に入力され、ブロック 287 は数式 15 に基づいて非線形制御入力  $\bar{u}_{nl}$  を加算器 288 へ送る。フィードフォワード補償器 251 とフィードフォワード補償器 252 の出力が、それぞれブロック 263 とブロック 264 へ送信され、状態変数  $x$  はブロック 268 へ送られる。線形制御入力  $\bar{u}_l$  は、数式 17 に基づいて、ブロック 263、ブロック 264、ブロック 268 の出力から得られる。加算器 288 は、スライディングモード制御器 260 の出力として制御入力  $u$  すなわち  $q$  軸電流  $I_q$  を発生する。スライディングモード制御器 260 は制御入力  $u$  の切換によって制御システム 210 の状態を切換超平面の上に拘束する。

#### 【0024】

制御入力  $u$  すなわち  $q$  軸電流  $I_q$  と、フィードバック速度は、外乱変数補償器 220 へ供給され、外乱変数補償器 220 は外乱トルクに応答して制御入力  $u$  を補償する。 $q$  軸電流  $I_q$  は乗算器 221 でトルク定数  $K_t$  が掛けられる。フィードバック速度は測定速度  $\dot{d}$  または適当な状態観測器から出力された推定速度である。測定位置を微分する微分器 245 は測定速度  $\dot{d}$  を出力し、この測定速度  $\dot{d}$  は乗算器 222 と乗算器 224 の内部で  $J/T$  が掛けられる。ここで、 $T$  はローパスフィルタ 223 の時定数である。乗算器 221 と乗算器 222 の出力の和は、 $s$  がラプラス演算子を表すローパスフィルタ 223 へ供給される。推定外乱トルク  $\hat{L}$  は、ローパスフィルタ 223 の出力から乗算器 224 の出力を減じることによって得られる。乗算器 225 は、推定外乱トルク  $\hat{L}$  に  $1/K_t$  を掛け、推定外乱トルク  $\hat{L}$  を  $q$  軸電流に変換させて推定外乱  $\hat{d}$  を発生する。加算器 226 は制御入力  $u$  と推定外乱  $\hat{d}$  の和を制御システム 210 へ供給する。

#### 【0025】

図 2 中に示されるように、図 1 の位置制御装置中のゲインは最大追従誤差が 10 カウントより小さくなるように調整され、図 3 中のグラフは、そのような状態で測定されたステップ応答を示している。

#### 【0026】

図 4 中に示されるように、図 6 の位置制御装置中のゲインも、また、最大追従誤差が 10 カウントより小さくなるように調整された。図 5 のグラフは、そのような状態で測定されたステップ応答を示している。図 3 中に示されるように、本発明の位置制御装置は、追従誤差が小さい状態でオーバシュートの発生を防止することができる。

#### 【0027】

本発明はある特定の詳細な実施例を用いて説明された。本発明は上述の実施例に限定されることなく、本発明の精神および範囲から逸脱することなく当業者によって種々の変更や変形を加えることができることが理解されよう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図 1】本発明による位置制御装置の一例のブロック図である。

【図 2】図 2 の位置制御装置を用いて指令速度と追従誤差をプロットしたグラフである。

【図 3】図 2 の位置制御装置を用いて指令位置、ステップ応答、追従誤差をプロットしたグラフである。

【図 4】図 6 中に示された従来の位置制御装置を用いて指令速度と追従誤差をプロットしたグラフである。

【図 5】図 6 中に示された従来の位置制御装置を用いて指令位置、ステップ応答、追従誤差をプロットしたグラフである。

【図 6】従来の位置制御装置のブロック図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0029】

10、制御システム

11、モータトルク定数

12、伝達関数

10

20

30

40

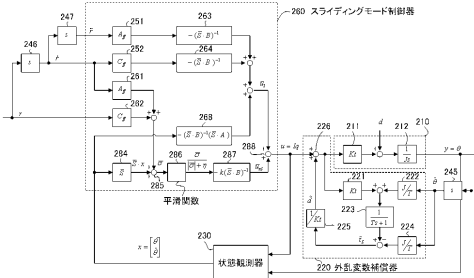
50

- 20、外乱変数補償器  
 23、ローパスフィルタ  
 26、75、78、加算器  
 30、状態観測器  
 45、46、47、微分器  
 50、スライディングモード制御器  
 51、52、61、62、フィードフォワード補償器  
 71、減算器  
 72、積分器  
 73、ベクトル化器  
 75、78、加算器  
 76、平滑関数  
 210、制御システム  
 211、モータトルク定数  
 212、伝達関数  
 220、外乱変数補償器  
 223、ローパスフィルタ  
 226、285、288、加算器  
 230、状態観測器  
 245、246、247、微分器  
 251、252、261、262、フィードフォワード補償器  
 285、288、加算器  
 286、平滑関数

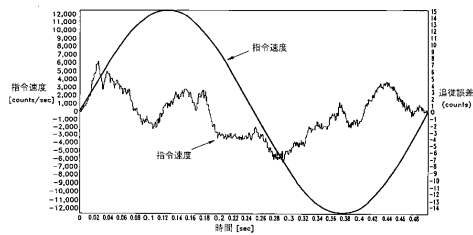
10

20

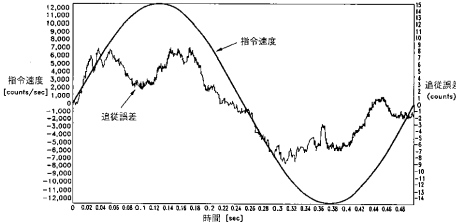
【図1】



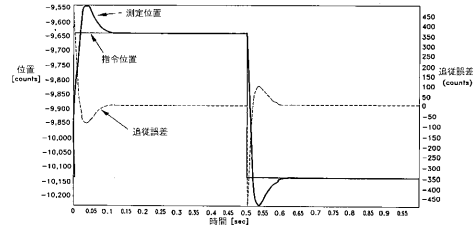
【図4】



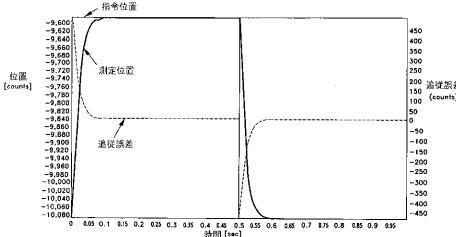
【図2】



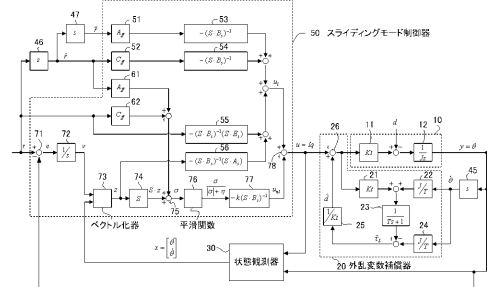
【図5】



【図3】



【図6】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H303 AA01 BB01 BB06 CC02 DD01 EE03 FF03 JJ01 KK21 KK35  
MM01

【要約の続き】