

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6046182号
(P6046182)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月25日 (2016. 11. 25)

(51) Int. Cl.

H O 2 P 23/04 (2006. 01)

F I

H O 2 P 23/04

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-38666 (P2015-38666)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成27年2月27日 (2015. 2. 27)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2016-163397 (P2016-163397A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成28年9月5日 (2016. 9. 5)		〇番地
審査請求日	平成28年3月15日 (2016. 3. 15)	(74) 代理人	100099759
早期審査対象出願			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100114018
			弁理士 南山 知広
		(74) 代理人	100151459
			弁理士 中村 健一
		(72) 発明者	中邨 勉
			山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
			〇番地 ファナック株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動を抑制する機能を備えたモータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機械を駆動するサーボモータを制御するモータ制御装置において、
機械の位置を指令する位置指令部と、
機械の位置を検出する位置検出器と、
前記位置指令部が指令した位置指令及び前記位置検出器が検出した機械位置からモータ
速度指令を作成する位置制御器と、
前記モータ速度指令により、モータの速度を制御する速度制御器と、を有し、
前記位置制御器は、モータ速度指令から機械の速度までの伝達特性の逆特性を近似する
フィルタ $F(s)$ を含み、
前記フィルタ $F(s)$ は、被駆動部のイナーシャ J_L 、弾性変形部の弾性係数 K 、及び
弾性変形部のダンパ係数 C を要素とし、
前記フィルタ $F(s)$ の分子多項式が
 $(J_L/K) * S^2 + (C/K) * s + 1$
を含み、
前記フィルタ $F(s)$ が、時定数 (C/K) のローパスフィルタと、調整可能なカット
オフ周波数 ω_{adj} のローパスフィルタを含む、
ことを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】

機械を駆動するサーボモータを制御するモータ制御装置において、

機械の位置を指令する位置指令部と、
 機械の位置を検出する位置検出器と、
 前記位置指令部が指令した位置指令及び前記位置検出器が検出した機械位置からモータ速度指令を作成する位置制御器と、
 前記モータ速度指令により、モータの速度を制御する速度制御器と、を有し、
 前記位置制御器は、モータ速度指令から機械の速度までの伝達特性の逆特性を近似するフィルタ $F(s)$ を含み、
 前記フィルタ $F(s)$ は、被駆動部のイナーシャ J_L 、弾性変形部の弾性係数 K 、及び弾性変形部のダンパ係数 C を要素とし、
 前記フィルタ $F(s)$ の分子多項式が

$$(J_L/K) * S^2 + (C/K) * s + 1$$

 を含み、
 前記フィルタ $F(s)$ が、調整可能なカットオフ周波数 ω_{adj} の 2 次ローパスフィルタを含む、
 ことを特徴とするモータ制御装置。

10

【請求項 3】

前記位置制御器は、
 前記位置指令から第 1 モータ速度指令を演算する位置フィードフォワード制御器と、
 前記位置指令と前記機械位置との差分から第 2 モータ速度指令を演算する位置フィードバック制御器と、
 前記第 1 モータ速度指令と前記第 2 モータ速度指令とを加算して前記モータ速度指令を求める加算器とから構成され、
 前記位置フィードフォワード制御器と前記位置フィードバック制御器は、それぞれ独立に設定可能な前記フィルタ $F(s)$ を含む、
 請求項 1 または 2 に記載のモータ制御装置。

20

【請求項 4】

被駆動部のイナーシャ J_L と弾性変形部の弾性係数 K と弾性変形部のダンパ係数 C とから求まる前記フィルタ $F(s)$ の分子多項式の 2 次係数 J_L/K 及び 1 次係数 C/K の代わりに、振動周波数 ω 及び振動の減衰係数 ζ を入力することにより前記フィルタ $F(s)$ を演算する、請求項 3 に記載のモータ制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ制御装置に関し、特に、フルクローズド制御において低周波共振を考慮した位置制御器を提供し、振動を抑制する機能を備えたモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、モータ位置決め装置の機械共振であって、サーボ制御系の制御帯域を越えるような高周波共振に対しては、サーボ制御ループ内部にノッチフィルタないしローパスフィルタを備え、サーボ制御系が機械共振に反応しないようにする方法で対処されてきた。

40

【0003】

一方、サーボ制御系が反応するサーボ制御帯域下の低周波共振に対しては、指令を補正する方法（第 1 の方法）や、サーボ制御ループ内部にノッチフィルタを備える方法（第 2 の方法）などが検討されてきた。

【0004】

モータ位置決め装置にセミクローズド制御系を仮定し、第 1 の方法である指令を補正する方法を用いて、振動抑制を行うモータ制御装置が知られている。

【0005】

工作機械におけるモータの制御装置では、一般に、移動経路にこだわらない PTP (Point to Point) 制御と、移動経路どおりに機械の位置を制御する軌跡制御

50

が行われる。上記のモータ制御装置はモータの位置をフィードバック制御するセミクロード制御系において、軌跡制御を行うモータ制御装置を提供するものである。具体的には、セミクロード制御系においてモータへの位置指令と機械への位置指令とを変換する位置指令補正フィルタを備えている。

【0006】

低周波共振の別の対策として、第2の方法であるサーボ制御ループ内部にノッチフィルタを備える方法が知られている（例えば、特許文献1）。低周波共振に対してノッチフィルタを用いた場合、オーバーシュートが発生し、加工形状精度を悪化させる。上記従来技術では、形状精度の悪化を小さくするため、ノッチフィルタの適用率を調整可能としている。

10

【0007】

第1の方法である指令を補正する方法は、機械の位置をフィードバック制御するフルクロード制御系での使用は望ましくない。フルクロード制御系では、位置指令部が出力する位置指令は、機械への位置指令であり、これを補正することは、そのままワークの加工形状を補正することになる。補正の結果、ワークの形状は、プログラムで与えた形状から逸脱し、望ましくないものとなる。

【0008】

第2の方法であるサーボ制御ループ内部にノッチフィルタを備える方法は、ノッチフィルタがサーボ制御特性を変化させ、機械の実際の軌跡がオーバーシュートするという問題がある。ノッチフィルタを用いる場合、軌跡精度と振動抑制の両立はできず、両者のトレードオフを考慮したフィルタ調整が必要となるという問題があった。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特許第4174543号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、従来、フルクロード制御において両立しなかった、振動抑制効果と形状精度の両立を実現可能なモータ制御装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一実施例に係るモータ制御装置は、機械を駆動するサーボモータを制御するモータ制御装置において、機械の位置を指令する位置指令部と、機械の位置を検出する位置検出器と、位置指令部が指令した位置指令及び位置検出器が検出した機械位置からモータ速度指令を作成する位置制御器と、モータ速度指令により、モータの速度を制御する速度制御器と、を有し、位置制御器は、モータ速度指令から機械の速度までの伝達特性の逆特性を近似するフィルタ $F(s)$ を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

40

本発明の一実施例に係るモータ制御装置によれば、フルクロード制御を行う二慣性系を想定し、二慣性系の特性を考慮した振動抑制フィルタを用いて、振動抑制効果と形状精度の両立を実現可能なモータ制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】二慣性系のモデルの概略図である。

【図2】二慣性系のブロック図である。

【図3】本発明の実施例1に係るモータ制御装置におけるフルクロード制御の制御概略図である。

【図4】本発明の実施例1に係るモータ制御装置におけるフィルタを位置フィードフォ

50

ード制御器内に設けた場合のフルクローズド制御の制御ブロック図である。

【図5】本発明の実施例1に係るモータ制御装置におけるフィルタをフィードフォワード及びフィードバックの両者にかかるように設計した場合のフルクローズド制御の制御ブロック図である。

【図6】本発明の実施例2に係るモータ制御装置における位置フィードフォワード制御器と位置フィードバック制御器に独立に調整可能なフィルタ $F(s)$ を設けた場合の制御ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照して、本発明に係るモータ制御装置について説明する。

10

【0015】

[実施例1]

図1に二慣性系のモデルを示す。モータ20及び機械30は質点であり、それぞれ質量 J_m 、 J_L である。摩擦は無視する。モータ20及び機械30は、バネ定数 K のバネ40と、ダンパ定数 C のダンパ50で繋がれている。また、トルクを u 、モータ速度を V_m 、機械速度を V_L 、バネとダンパの合成力を T とする。

【0016】

V_m 、 V_L の運動方程式と、バネとダンパの合成力 T は、以下の式で表される。

【0017】

【数1】

20

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{1}{J_m s} (u - T) \\ V_L &= \frac{1}{J_L s} T \\ T &= \left(\frac{K}{s} + C \right) (V_m - V_L) \end{aligned}$$

【0018】

30

図1に示した二慣性系のモデルをブロック図で表記すれば図2のように表される。上記の運動方程式及びバネとダンパの合成力の式を変形すれば、トルクからモータ速度までの伝達関数、及びトルクから機械速度までの伝達関数は、それぞれ以下のように求められる。

【0019】

【数2】

$$\text{トルク} \rightarrow \text{モータ速度} : \frac{V_m}{u} = \frac{J_L s^2 + Cs + K}{J_m J_L s^2 + (J_m + J_L)Cs + J_m J_L K} \quad (\text{式1})$$

40

$$\text{トルク} \rightarrow \text{機械速度} : \frac{V_L}{u} = \frac{Cs + K}{J_m J_L s^2 + (J_m + J_L)Cs + J_m J_L K} \quad (\text{式2})$$

【0020】

ところで、近年のモータ制御装置では、制御ゲインのハイゲイン化とフィードフォワード制御の利用により、サーボ制御系がモータの速度を指令すると、すぐにモータの実際の速度が制御されるようになってきている。言い換えれば、サーボ制御系が計算するモータの速度指令からモータの実際の速度までの伝達特性は1に近づいている。

【0021】

50

図3に本発明の実施例1に係るモータ制御装置のフルクロード制御の制御概略図を示す。図3に示すように、位置指令部1は位置制御器3に対して位置指令を出力する。位置制御器3は入力された位置指令と、機械30の近傍に設けられた位置検出器2からの機械位置のデータに基づいてモータ速度指令を出力する。速度制御器4は、入力されたモータ速度指令と、モータ20のモータ速度に基づいて、モータを駆動するためのトルクを出力する。

【0022】

図4に本発明の実施例1に係るモータ制御装置の制御ブロック図を示す。本発明の実施例1に係るモータ制御装置101は、機械30（図3参照）を駆動するサーボモータであるモータ20を制御するモータ制御装置において、機械の位置を指令する位置指令部1と、機械の位置を検出する位置検出器2と、位置指令部1が指令した位置指令及び位置検出器2が検出した機械位置からモータ速度指令を作成する位置制御器3と、モータ速度指令により、モータの速度を制御する速度制御器4と、を有し、位置制御器3は、モータ速度指令から機械の速度までの伝達特性の逆特性を近似するフィルタ $F(s)$ を含むことを特徴とする。

【0023】

本発明の実施例1に係るモータ制御装置の動作について説明する。位置指令部1により作成された位置指令は、位置制御器3に入力される。位置制御器3は、位置フィードフォワード制御器（位置FF制御器）31と、位置フィードバック制御器（位置FB制御器）32とを備えている。位置指令部1から入力された位置指令は、位置FF制御器31内の微分器 s 及びフィルタ $F(s)$ を通して加算器34に加算される。また、位置指令部1から入力された位置指令は、機械の位置検出器2からの機械位置のデータを減算器33で減算して、位置FB制御器32内の位置FBゲインを乗算して加算器34に加算される。加算器34における加算された信号は、位置制御器3からモータ速度指令として出力される。

【0024】

出力されたモータ速度指令は速度制御器4に入力されて、トルクが出力される。トルクは、トルクからモータ速度までの伝達特性5を経て、モータに速度が発生する。一方、本発明では、トルクから機械速度までの伝達特性6を考える。トルクがトルクから機械速度までの伝達特性6を経て、機械速度が出力される。機械速度は、積分器7により運動学的に積分されて機械位置となる。

【0025】

本発明では、まず、図4に示したフルクロード制御において、位置指令（点A）から機械位置（点E）までの伝達特性が1に近づくようフィルタを施すことを考える。

【0026】

指令追従性に関するものであるので、図4において、フィードフォワード制御を通るパスの伝達特性を考えることになる。位置指令（点A）から機械位置（点E）の伝達特性を1にするためには、モータ速度指令（点B）から機械位置（点E）までの伝達特性の逆特性を、位置指令（点A）からモータ速度指令（点B）に至るフィードフォワードの経路が有する必要がある。

【0027】

機械速度（点D）から機械位置（点E）までの運動学的積分器の逆特性である微分器 s は、一般的なモータ制御装置の位置フィードフォワード（FF）制御器31に挿入されている。本発明では、残りの要素である、モータ速度指令（点B）から機械速度（点D）までの伝達特性の逆特性を有するフィルタ $F(s)$ を位置制御器3に内在させている。

【0028】

モータの速度指令（点B）からモータの実際の速度（点C）までの伝達特性が1に近いことを踏まえれば、フィルタ $F(s)$ は、モータ速度（点C）から機械速度（点D）の伝達特性の逆特性により近似できることが分かる。モータ速度から機械速度までの伝達特性は、下記の式3のように式2を式1で除することで求められる。

【0029】

【数3】

$$\frac{V_L}{V_m} = \frac{Cs + K}{J_L s^2 + Cs + K} = \frac{2\zeta\omega s + \omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad (\text{式3})$$

【0030】

式3には、2次の標準形に変換した形を同時に示している。 ω は二慣性系モデルでモータを固定した際の振動周波数を表し、 ζ はその減衰率を表す。

10

【0031】

ここで、式3の極と零点は以下のように求められる。

【0032】

【数4】

$$\begin{aligned} \text{零点:} \quad s &= -\frac{\omega}{2\zeta} \\ \text{極:} \quad s &= -\zeta\omega \pm j\sqrt{1-\zeta^2}\omega \end{aligned}$$

20

【0033】

上記の零点及び極より、複素原点から零点までの距離、及び複素原点から極までの距離は下記のように表される。

【0034】

【数5】

$$\text{複素原点から零点までの距離:} \quad \frac{\omega}{2\zeta}$$

$$\text{複素原点から極までの距離:} \quad \omega$$

30

【0035】

一般的な振動系における ζ の値として0.1から0.2を想定すれば、複素原点と零点の距離は、複素原点と極までの距離の2.5倍から5倍であり、本伝達特性において、分母多項式が支配的であることが分かる。

【0036】

次に、フィードバック制御ループについて考える。動作に支配的な影響を与える分母多項式は2次ローパスフィルタの形をしているので、位相は周波数 ω で90 deg遅れる特性を持っている。この位相遅れ特性（点B→点Dは概ね ω で90 deg遅れる）と、機械の運動学的積分器の特性（点D→点Eの積分器による90 deg遅れ特性）により、フィードバック制御系の安定限界を決定する位相-180 degを与えることになる。式3の分母多項式による位相遅れは、フィードバック制御ループのゲイン向上には望ましくない。フィードバック制御にもフィルタ $F(s)$ を挿入することで、式3の伝達特性による位相遅れを改善するのが望ましいと考えられる。図5に、位置制御器3'において位置フィードフォワード制御器31'と位置フィードバック制御器32'の両方にフィルタ $F(s)$ がかかるモータ制御装置101'の制御ブロック図の例を示す。

40

【0037】

ここまで、図4と図5を含めて説明したように、フィルタ $F(s)$ は、位置制御器のフィードフォワード制御、フィードバック制御、あるいはその両方に挿入して効果があるフ

50

ィルタである。本発明の実施例 1 に係るモータ制御装置においては、位置制御器 3 がモータ速度指令から機械速度までの伝達特性の逆特性を近似するフィルタ $F(s)$ を含む点を特徴としている。

【0038】

フィルタの形状は、速度指令から機械速度までの伝達関数の逆特性を近似するフィルタである。速度指令（点 B）から機械速度（点 D）までの伝達特性の逆特性を、モータ速度（点 C）から機械速度（点 D）までの伝達特性を表す式 3 の逆特性で近似すれば、フィルタ $F(s)$ は、下記の式 4 で表される。

【0039】

【数 6】

10

$$\frac{V_m}{V_L} = \frac{J_L s^2 + Cs + K}{Cs + K} = \frac{(J_L / K)s^2 + (C / K)s + 1}{(C / K)s + 1} \quad (式 4)$$

【0040】

式 4 より、フィルタ $F(s)$ は、被駆動部のイナーシャ J_L 、弾性変形部の弾性係数 K 、及び弾性変形部のダンパ係数 C を要素とすることがわかる。

【0041】

さらに、式 4 よりフィルタ $F(s)$ の分子多項式は、 $(J_L / K) * S^2 + (C / K) * s + 1$ を含んでいることがわかる。 20

【0042】

式 4 は分子多項式の次数が分母多項式の次数より大きいため、実装するためには、少なくとも分母多項式の次数を 1 次増やす必要がある。そこで、調整可能なパラメータとして、カットオフ周波数 ω_{adj} の 1 次ローパスフィルタを付け加えることを考える。

【0043】

そこで、フィルタ $F(s)$ が、時定数 (C / K) のローパスフィルタと、調整可能なカットオフ周波数 ω_{adj} のローパスフィルタを含むように、調整可能パラメータ ω_{adj} を有する次のようなフィルタを想定し、その分母多項式を規定する。

【0044】

30

【数 7】

$$F(s) = \frac{(J_L / K)s^2 + (C / K)s + 1}{(C / K)s + 1} \frac{\omega_{adj}}{s + \omega_{adj}} = \frac{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}{2\zeta\omega s + \omega^2} \frac{\omega_{adj}}{s + \omega_{adj}} \quad (式 5)$$

【0045】

ところで、上述のとおり、式 3 では、複素原点と極及び零点との距離の関係から、分母多項式の影響が分子多項式に比べて支配的となっていた。よって、式 3 の逆特性である式 4 では、その逆で、分子多項式の影響が支配的となっている。このため、フィルタ $F(s)$ に、式 4 の分母多項式を用いなくても、同様の効果を持つフィルタは実現できることになる。 40

【0046】

そこで、式 4 の分母多項式を用いず、調整可能なパラメータ ω_c (ω_{adj}) からなる 2 次ローパスフィルタを想定し、その分母多項式を規定するようにしてもよい。

【0047】

【数 8】

$$F(s) = \frac{(J_L / K)s^2 + (C / K)s + 1}{1} \frac{\omega_c^2}{s^2 + \sqrt{2}\omega_c s + \omega_c^2} = \frac{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}{s^2 + \sqrt{2}\omega_c s + \omega_c^2} \frac{\omega_c^2}{\omega^2} \quad (\text{式 6})$$

【0048】

以上説明したように、本発明の実施例 1 に係るモータ制御装置によれば、位置指令を補正せず、位置制御器が逆特性フィルタを含んでいるため、フルクローズド制御で用いた場合、機械の位置を指令どおりに制御することができる。

10

【0049】

[実施例 2]

次に、本発明の実施例 2 に係るモータ制御装置について図 6 を用いて説明する。本発明の実施例 2 に係るモータ制御装置が実施例 1 に係るモータ制御装置と異なっている点は、位置制御器 3 " は、位置指令から第 1 モータ速度指令を演算する位置フィードフォワード制御器 3 1 " と、位置指令と機械位置との差分から第 2 モータ速度指令を演算する位置フィードバック制御器 3 2 " と、第 1 モータ速度指令と第 2 モータ速度指令とを加算してモータ速度指令を求める加算器 3 4 とから構成され、位置フィードフォワード制御器 3 1 " と位置フィードバック制御器 3 2 " は、それぞれ独立に設定可能なフィルタ $F(s)$ ($F_{FF}(s)$ 、 $F_{FB}(s)$) を含む点である。実施例 2 に係るモータ制御装置 102 のその他の構成は、実施例 1 に係るモータ制御装置 101 における構成と同様であるので詳細な説明は省略する。

20

【0050】

実施例 1 についての説明で示したように、フィルタ $F(s)$ は、フィードフォワード制御にも、フィードバック制御にも用いることができるが、それぞれ効果が異なる。

【0051】

位置フィードフォワード制御器 3 1 " にフィルタ $F(s)$ ($F_{FF}(s)$) を挿入する場合、位置指令 (点 A) から機械位置 (点 E) までの伝達特性を 1 に近づける効果がある。言い換えれば、機械位置を振動なく指令軌跡に追従させる効果がある。上述のフィルタの分母多項式にある調整パラメータ ω_{adj} を高い周波数に設定しても、系の安定性に影響を

30

【0052】

一方、位置フィードバック制御器 3 2 " にフィルタ $F(s)$ ($F_{FB}(s)$) を挿入する場合、フィードバック制御ループにおける、モータ速度指令 (点 B) から機械速度 (点 D) までの位相遅れ特性を改善する。位相遅れ特性の改善により、フィードバック制御ゲインの上限が広がり、外乱特性の向上が見込める。しかしながら、上述した調整パラメータ ω_{adj} を過大に設定すると、高周波のフィードバックゲインが大きくなり、系を不安定化する可能性がある。

【0053】

このため、調整パラメータ ω_{adj} は、フィードフォワード制御系に挿入するものと、フィードバック制御系に挿入するもので、別々のパラメータとして調整できることが望ましいといえる。

40

【0054】

そこで、実施例 2 に係るモータ制御装置においては、図 6 のように、

- ・位置制御器 3 " が位置 FF 制御器 3 1 " と位置 FB 制御器 3 2 " と、その出力 (それぞれ第 1 及び第 2 モータ速度指令) を加算する加算器 3 4 を持ち、

- ・位置 FF 制御器 3 1 " と位置 FB 制御器 3 2 " はそれぞれ独立に調整可能なフィルタ $F(s)$ ($F_{FF}(s)$ 、 $F_{FB}(s)$) を持つ

点を特徴としている。

【0055】

50

また、被駆動部のイナーシャ J_L 、弾性変形部の弾性係数 K 、及び弾性変形部のダンパ係数 C から求まるフィルタ $F(s)$ の分子多項式の 2 次係数 J_L/K 及び 1 次係数 C/K の代わりに、振動周波数 ω 及び振動の減衰係数 ζ を入力することによりフィルタ $F(s)$ の分子多項式を演算するようにしてもよい。

【0056】

式 5 及び式 6 の最右辺に記載したように、イナーシャ J_L 、弾性係数 K 、ダンパ係数 C の代わりに反共振周波数 ω と減衰率 ζ を入力させる形にすることで、設定を容易に行うことができる。

【0057】

以上説明したように、本発明に係るモータ制御装置によれば、速度指令から機械速度までの伝達特性の逆特性を近似するフィルタにより、振動抑制と軌跡制御を両立することができる。

10

【符号の説明】

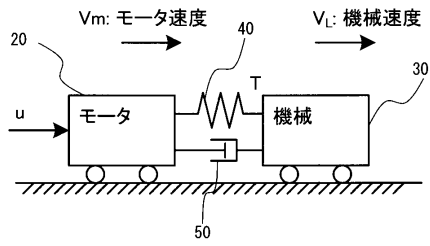
【0058】

- 1 位置指令部
- 2 位置検出器
- 3、3'、3" 位置制御器
- 4 速度制御器
- 5 トルクからモータ速度までの伝達特性
- 6 トルクから機械速度までの伝達特性
- 7 積分器
- 20 モータ
- 30 機械
- 31、31'、31" 位置フィードフォワード制御器
- 32、32'、32" 位置フィードバック制御器
- 33 減算器
- 34 加算器

20

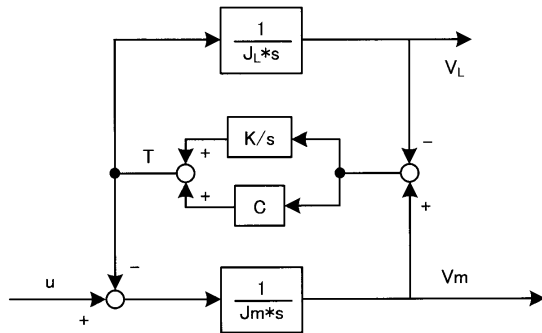
【図 1】

図1



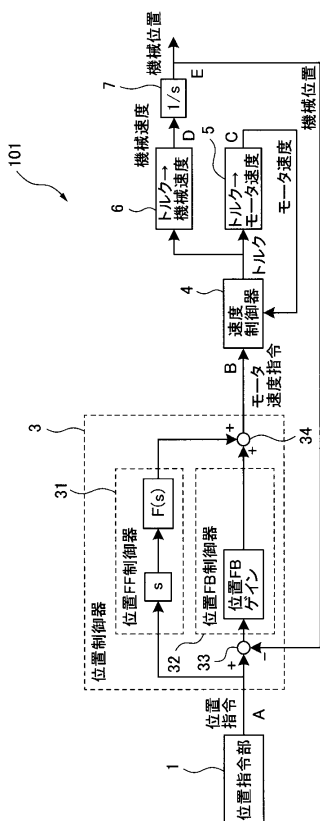
【図 2】

図2



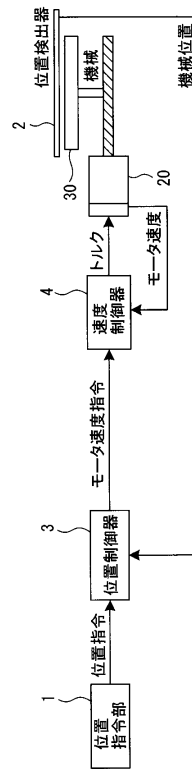
【図 4】

図4



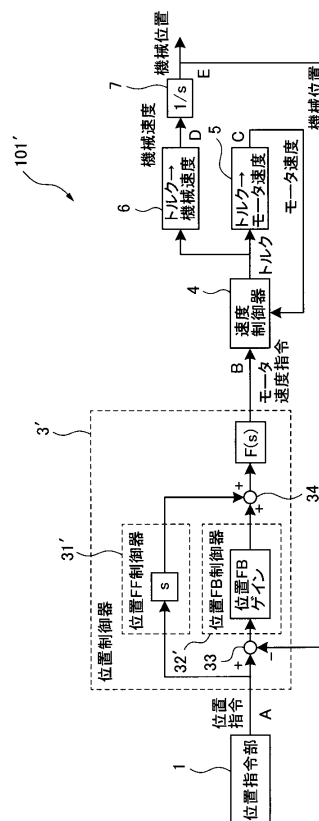
【図 3】

図3



【図 5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 猪飼 聡史

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 マキロイ 寛済

(56)参考文献 特開2009-201169 (JP, A)

特開2011-135677 (JP, A)

特開2004-213472 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 23/04