

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5642848号
(P5642848)

(45) 発行日 平成26年12月17日(2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日(2014.11.7)

(51) Int. Cl. F I
 H O 2 P 5/50 (2006.01) H O 2 P 5/50 D
 G O 5 D 3/00 (2006.01) G O 5 D 3/00 Q

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-150939 (P2013-150939)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成25年7月19日 (2013.7.19)		ファナック株式会社
審査請求日	平成26年8月25日 (2014.8.25)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地
早期審査対象出願		(74) 代理人	100099759 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	100165191 弁理士 河合 章
		(74) 代理人	100151459 弁理士 中村 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一つの被駆動体を駆動するために二つのモータを制御するモータ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一つの被駆動体を駆動するために第1のモータ及び第2のモータを制御するモータ制御装置であって、

第1のモータの位置を制御するために、第1のモータに対する位置指令値、第1のモータに関連する位置情報及び第1の位置制御ゲインに基づいて第1の速度指令値を生成する第1の位置制御部と、

第2のモータの位置を制御するために、第2のモータに対する位置指令値、第2のモータに関連する位置情報及び第2の位置制御ゲインに基づいて第2の速度指令値を生成する第2の位置制御部と、

前記第1の速度指令値と第1のモータの速度との間の速度偏差である第1の速度偏差の積分値を計算する第1の積分器を有し、第1のモータの速度を制御するために、前記第1の速度偏差、予め決定された値、第1の比例ゲイン及び第1の積分ゲインに基づいて第1のトルク指令値を生成する第1の速度制御部と、

前記第2の速度指令値と第2のモータの速度との間の速度偏差である第2の速度偏差の積分値を計算する第2の積分器を有し、第2のモータの速度を制御するために、前記第2の速度偏差、前記予め決定された値、第2の比例ゲイン及び第2の積分ゲインに基づいて第2のトルク指令値を生成する第2の速度制御部と、

第1のモータの駆動状態及び第2のモータの駆動状態に応じて、前記第1の速度偏差の積分値と前記第2の速度偏差の積分値のうちのいずれか一方を前記予め決定された値とし

て選択する積分値選択部と、

前記第1のトルク指令値に基づいて第1のモータを駆動する第1のモータ駆動部と、
前記第2のトルク指令値に基づいて第2のモータを駆動する第2のモータ駆動部と、
を備えることを特徴とするモータ制御装置。

【請求項2】

前記積分値選択部は、第1のモータの加速度がゼロより大きい第1の値より大きくなったときには前記第1の速度偏差の積分値を前記予め決定された値として選択し、第1のモータの加速度がゼロより小さい第2の値より小さくなったときには前記第2の速度偏差の積分値を前記予め決定された値として選択する、請求項1に記載のモータ制御装置。

【請求項3】

第1のモータの駆動軸に加えられる力の向きと第2のモータの駆動軸に加えられる力の向きとが互いに逆になるように、前記第1のトルク指令値に予め付加されるトルク値である第1のプリロードトルク値及び前記第2のトルク指令値に予め付加されるトルク値である第2のプリロードトルク値を生成するプリロードトルク値生成部を更に備える、請求項1又は2に記載のモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一つの被駆動体を駆動するために二つのモータを制御するモータ制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械等において、モータの被駆動体が大型であるために一つのモータでは加減速ができない場合や、モータの駆動軸に接続された伝達機構の機械要素と被駆動体との間のバックラッシュが大きいために被駆動体を安定した状態で移動させることができない場合等において、一つの被駆動体を二つのモータで駆動するタンデム制御が行われている（例えば、特許文献1～4）。

【0003】

このようなタンデム制御において、二つのモータのうち的一方は、伝達機構に連結されたマスタ軸としての役割を果たす駆動軸を有するメインモータとして機能し、その他方は、伝達機構に連結されたスレーブ軸としての役割を果たす駆動軸を有するサブモータとして機能する。

【0004】

また、タンデム制御を行うに際し、モータの駆動軸に接続された伝達機構の機械要素と被駆動体との間のバックラッシュを抑制するために、メインモータの駆動軸に加えられる力の向きとサブモータの駆動軸に加えられる力の向きとが互いに逆になるようにトルク指令値に予め付加されるトルク値であるプリロードトルク値を生成するモータ制御装置が提案されている（例えば、特許文献5、6）。

【0005】

また、タンデム制御におけるメインモータの速度の検出のタイミングとサブモータの速度の検出のタイミングとの間の差等に起因するモータの制御に対する悪影響及びモータのオーバーヒートの発生を回避するために、メインモータに対する速度指令値とメインモータの速度との間の速度偏差の積分値を用いてメインモータに対するトルク指令値及びサブモータに対するトルク指令値を生成するモータ制御装置が提案されている（例えば、特許文献7）。

【0006】

さらに、プリロードトルク値の生成とメインモータに対する速度指令値とメインモータの速度との間の速度偏差の積分値を用いたメインモータに対するトルク指令値及びサブモータに対するトルク指令値の生成の両方を行うモータ制御装置が提案されている（例えば、特許文献8）。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平8-174481号公報

【特許文献2】特開2003-79180号公報

【特許文献3】特表2004-92859号公報

【特許文献4】特開2009-177881号公報

【特許文献5】特開平8-16246号公報

【特許文献6】特開2001-273037号公報

【特許文献7】特開2003-189657号公報

【特許文献8】特開2010-172054号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

メインモータに対する速度指令値とメインモータの速度との間の速度偏差の積分値を用いてメインモータに対するトルク指令値及びサブモータに対するトルク指令値を生成する場合、サブモータを主に駆動するとき、すなわち、メインモータの加速度が負の値であるときのサブモータに対する位置指令値とサブモータの位置との間の位置偏差が大きくなり、モータの制御に対する悪影響が及ぼされる。

【0009】

20

本発明の目的は、二つのモータを駆動する際に主に駆動されるモータがいずれのモータであっても位置偏差が大きくなることによるモータの制御に対する悪影響を回避することができるモータ制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明によるモータ制御装置は、一つの被駆動体を駆動するために第1のモータ及び第2のモータを制御するモータ制御装置であって、第1のモータの位置を制御するために、第1のモータに対する位置指令値、第1のモータに関連する位置情報及び第1の位置制御ゲインに基づいて第1の速度指令値を生成する第1の位置制御部と、第2のモータの位置を制御するために、第2のモータに対する位置指令値、第2のモータに関連する位置情報及び第2の位置制御ゲインに基づいて第2の速度指令値を生成する第2の位置制御部と、第1の速度指令値と第1のモータの速度との間の速度偏差である第1の速度偏差の積分値を計算する第1の積分器を有し、第1のモータの速度を制御するために、第1の速度偏差、予め決定された値、第1の比例ゲイン及び第1の積分ゲインに基づいて第1のトルク指令値を生成する第1の速度制御部と、第2の速度指令値と第2のモータの速度との間の速度偏差である第2の速度偏差の積分値を計算する第2の積分器を有し、第2のモータの速度を制御するために、第2の速度偏差、予め決定された値、第2の比例ゲイン及び第2の積分ゲインに基づいて第2のトルク指令値を生成する第2の速度制御部と、第1のモータの駆動状態及び第2のモータの駆動状態に応じて、第1の速度偏差の積分値と第2の速度偏差の積分値のうちのいずれか一方を予め決定された値として選択する積分値選択部と、第1のトルク指令値に基づいて第1のモータを駆動する第1のモータ駆動部と、第2のトルク指令値に基づいて第2のモータを駆動する第2のモータ駆動部と、を備えることを特徴とする。

30

40

【0011】

好適には、積分値選択部は、第1のモータの加速度がゼロより大きい第1の値より大きくなったときには第1の速度偏差の積分値を予め決定された値として選択し、第1のモータの加速度がゼロより小さい第2の値より小さくなったときには第2の速度偏差の積分値を予め決定された値として選択する。

【0012】

好適には、本発明によるモータ制御装置は、第1のモータの駆動軸に加えられる力の向

50

きと第2のモータの駆動軸に加えられる力の向きとが互いに逆になるように、第1のトルク指令値に予め付加されるトルク値である第1のプリロードトルク値及び第2のトルク指令値に予め付加されるトルク値である第2のプリロードトルク値を生成するプリロードトルク値生成部を更に備える。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、二つのモータを駆動する際に主に駆動されるモータがいずれのモータであっても位置偏差が大きくなることによるモータの制御に対する悪影響を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施の形態のモータ制御装置を有するシステムのブロック図である。

【図2】図1の積分値選択部及び速度制御部の一例を詳細に示す図である。

【図3】図1に示すモータ制御装置の動作のフローチャートである。

【図4】図1に示すモータ制御装置によって制御されるモータの加速度の時間変化の一例を示す図である。

【図5】本発明によるモータ制御装置の効果を説明するための図である。

【図6】図1の積分値選択部及び速度制御部の他の例を詳細に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明によるモータ制御装置の実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。図面中、同一構成要素には同一符号を付す。

図1は、本発明の実施の形態のモータ制御装置を有するシステムのブロック図である。図1に示すシステムは、三相交流電源1と、コンバータ2と、平滑用コンデンサ3と、インバータ4m、4sと、電流検出器5m、5sと、第1のモータとしてのメインモータ6mと、第2のモータとしてのサブモータ6sと、伝達機構7m、7sと、被駆動体8と、機械位置検出器9と、モータ位置検出器10m、10sと、モータ速度検出器11m、11sと、モータ制御装置12と、上位制御装置13と、を有する。

【0016】

三相交流電源1は、商用交流電源によって構成される。コンバータ2は、例えば、複数(3相交流の場合は6個)の整流ダイオード及びこれらの整流ダイオードのそれぞれに逆並列に接続されたトランジスタによって構成され、三相交流電源1から供給される交流電力を直流電力に変換する。

【0017】

平滑用コンデンサ3は、コンバータ2の整流ダイオードによって整流された電圧を平滑化するためにコンバータ2に並列に接続される。インバータ4m、4sはそれぞれ、平滑用コンデンサ3に並列に接続され、例えば、複数(3相交流の場合は6個)の整流ダイオード及びこれらの整流ダイオードのそれぞれに逆並列に接続されたトランジスタによって構成され、後に説明するPWM信号Vm、Vsに基づいてトランジスタのオンオフ動作を行うことによって、コンバータ2によって変換された直流電力を交流電力に変換する。

【0018】

電流検出器5mは、メインモータ6mに流れる電流の値Im'を検出するためにインバータ4mの出力線に設けられる。電流検出器5sは、サブモータ6sに流れる電流の値Is'を検出するためにインバータ4sの出力線に設けられる。本実施の形態では、電流検出器5m、5sは、例えばホール素子によって構成される。

【0019】

メインモータ6mは、伝達機構7mに連結されたマスタ軸としての役割を果たす駆動軸を有し、平滑用コンデンサ3に蓄積されている電力で駆動される。サブモータ6sは、伝達機構7sに連結されたスレーブ軸としての役割を果たす駆動軸を有し、平滑用コンデンサ3に蓄積されている電力で駆動される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

本実施の形態では、メインモータ 6 m 及びサブモータ 6 s はそれぞれ、ロータとステータのうちのいずれか一方に永久磁石が設けられた回転型サーボモータ、ステータとスライダのうちのいずれか一方に永久磁石が設けられたリニアサーボモータ、ステータとパイプレータのうちのいずれか一方に永久磁石が設けられた振動型サーボモータ、永久磁石を使用しない誘導モータ等によって構成される。

【 0 0 2 1 】

伝達機構 7 m , 7 s は、被駆動体 8 を伝達機構 7 m , 7 s の軸線方向に沿って移動させるために被駆動体 8 に接続される。被駆動体 8 は、工作機械のテーブル、産業用ロボットのアーム等によって構成される。

10

【 0 0 2 2 】

機械位置検出器 9 は、第 1 のモータに関連する位置情報及び第 2 のモータに関連する位置情報としての伝達機構 7 m , 7 s を含む図示しない機械の位置 x を検出するスケール等によって構成される。

【 0 0 2 3 】

モータ位置検出器 1 0 m は、メインモータ 6 m の回転角度 m' を検出するロータリーエンコーダ、ホール素子、レゾルバ等によって構成される。モータ位置検出器 1 0 s は、サブモータ 6 s の回転角度 s' を検出するロータリーエンコーダ、ホール素子、レゾルバ等によって構成される。

【 0 0 2 4 】

モータ速度検出部 1 1 m は、メインモータ 6 m の回転角度 m' がモータ位置検出器 1 0 m から入力され、回転角度 m' を時間で 1 階微分することによって第 1 のモータの速度としてのメインモータ 6 m の回転速度 m'' を検出し、回転速度 m'' をモータ制御装置 1 2 に出力する。

20

【 0 0 2 5 】

モータ速度検出部 1 1 s は、サブモータ 6 s の回転角度 s' がモータ位置検出器 1 0 s から入力され、回転角度 s' を時間で 1 階微分することによって第 2 のモータの速度としてのサブモータ 6 s の回転速度 s'' を検出し、回転速度 s'' をモータ制御装置 1 2 に出力する。

【 0 0 2 6 】

モータ制御装置 1 2 は、伝達機構 7 m , 7 s の機械要素と被駆動体 8 との間のバックラッシュを低減するとともにメインモータ 6 m の駆動軸の捻じれ及びサブモータ 6 s の駆動軸の捻じれを抑制するために被駆動体 8 をメインモータ 6 m 及びサブモータ 6 s で駆動するタンデム制御を行う。このために、モータ制御装置 1 2 は、減算器 2 1 m と、減算器 2 1 s と、第 1 の位置制御部としての位置制御部 2 2 m と、第 2 の位置制御部としての位置制御部 2 2 s と、減算器 2 3 m と、減算器 2 3 s と、第 1 の速度制御部としての速度制御部 2 4 m と、第 2 の速度制御部としての速度制御部 2 4 s と、第 1 のモータ駆動部としてのモータ駆動部 2 5 m と、第 2 のモータ駆動部としてのモータ駆動部 2 5 s と、プリロードトルク値生成部 2 6 と、加速度計算部 2 7 と、積分値選択部 2 8 と、を備える。

30

【 0 0 2 7 】

減算器 2 1 m は、第 1 のモータに対する位置指令値としての位置指令値 m が上位制御装置 1 3 から入力される + 入力端子と、位置 x が機械位置検出器 9 から入力される - 入力端子と、これらの位置偏差 $m - x$ を位置制御部 2 2 m に出力する出力端子と、を有する。

40

【 0 0 2 8 】

減算器 2 1 s は、第 2 のモータに対する位置指令値としての位置指令値 s が上位制御装置 1 3 から入力される + 入力端子と、位置 x が機械位置検出器 9 から入力される - 入力端子と、これらの位置偏差 $s - x$ を位置制御部 2 2 s に出力する出力端子と、を有する。

【 0 0 2 9 】

50

位置制御部 2 2 m は、メインモータ 6 m の位置を制御するために、位置指令値 m 、位置 x 及び第 1 の位置制御ゲインとしての位置制御ゲイン $K d$ に基づいて第 1 の速度指令値としてのメインモータ 6 m に対する速度指令値 m を生成する。このために、位置制御部 2 2 m は、位置偏差 $m - x$ が減算器 2 1 m から入力され、位置偏差 $m - x$ を増幅する位置制御ゲイン $K d$ の図示しない増幅器を有する。そして、位置制御部 2 2 m は、位置偏差 $m - x$ と位置制御ゲイン $K d$ との積である速度指令値 m を生成し、生成した速度指令値 m を減算器 2 3 m に出力する。

【 0 0 3 0 】

位置制御部 2 2 s は、サブモータ 6 s の位置を制御するために、位置指令値 s 、位置 x 及び第 2 の位置制御ゲインとしての位置制御ゲイン $K d'$ に基づいて第 2 の速度指令値としてのサブモータ 6 s に対する速度指令値 s を生成する。このために、位置制御部 2 2 s は、位置偏差 $s - x$ が減算器 2 1 s から入力され、位置偏差 $s - x$ を増幅する位置制御ゲイン $K d'$ の図示しない増幅器を有する。そして、位置制御部 2 2 s は、位置偏差 $s - x$ と位置制御ゲイン $K d'$ との積である速度指令値 s を生成し、生成した速度指令値 m を減算器 2 3 s に出力する。ここで、位置制御ゲイン $K d$ 及び位置制御ゲイン $K d'$ は同一値であってもよい。

10

【 0 0 3 1 】

減算器 2 3 m は、速度指令値 m が位置制御部 2 2 m から入力される + 入力端子と、回転速度 m' がモータ速度検出部 1 1 m から入力される - 入力端子と、速度指令値 m と回転速度 m' との間の速度偏差である第 1 の速度偏差としての速度偏差 $m - m'$ を速度制御部 2 4 m に出力する出力端子と、を有する。

20

【 0 0 3 2 】

減算器 2 3 s は、速度指令値 s が位置制御部 2 2 s から入力される + 入力端子と、回転速度 s' がモータ速度検出部 1 1 s から入力される - 入力端子と、速度指令値 s と回転速度 s' との間の速度偏差である第 2 の速度偏差としての速度偏差 $s - s'$ を速度制御部 2 4 s に出力する出力端子と、を有する。

【 0 0 3 3 】

速度制御部 2 4 m は、メインモータ 6 m の速度を制御するために、速度偏差 $m - m'$ 、後に説明する予め決定された値、第 1 の比例ゲインとしての比例ゲイン $K p$ 及び第 1 の積分ゲインとしての積分ゲイン $K i$ に基づいて、第 1 のトルク指令値としてのトルク指令値 $T m$ を生成する。

30

【 0 0 3 4 】

このために、速度制御部 2 4 m は、速度偏差 $m - m'$ が減算器 2 3 m から入力され、速度偏差 $m - m'$ の積分値 $S m$ を計算するための後に説明する第 1 の積分器と、速度偏差 $m - m'$ を増幅する比例ゲイン $K p$ の後に説明する増幅器と、上記予め決定された値を増幅する積分ゲイン $K i$ の後に説明する増幅器と、を有する。

【 0 0 3 5 】

そして、速度制御部 2 4 m は、速度偏差 $m - m'$ と比例ゲイン $K p$ との積及び上記予め決定された値と積分ゲイン $K i$ との積の和であるトルク指令値 $T m$ を生成し、生成したトルク指令値 $T m$ をモータ駆動部 2 5 m に出力する。

40

【 0 0 3 6 】

速度制御部 2 4 s は、サブモータ 6 s の速度を制御するために、速度偏差 $s - s'$ 、上記予め決定された値、第 2 の比例ゲインとしての比例ゲイン $K p'$ 及び第 2 の積分ゲインとしての積分ゲイン $K i'$ に基づいて、第 2 のトルク指令値としてのトルク指令値 $T s$ を生成する。

【 0 0 3 7 】

このために、速度制御部 2 4 s は、速度偏差 $s - s'$ が減算器 2 3 s から入力され、速度偏差 $s - s'$ の積分値 $S s$ を計算するための後に説明する第 2 の積分器と、速度偏差 $s - s'$ を増幅する比例ゲイン $K p'$ の後に説明する増幅器と、上記予め決定された値を増幅する積分ゲイン $K i'$ の後に説明する増幅器と、を有する。

50

【0038】

そして、速度制御部24sは、速度偏差 $s - s'$ と比例ゲイン Kp' との積及び上記予め決定された値と積分ゲイン Ki' との積の和であるトルク指令値 T_s を生成し、生成したトルク指令値 T_s をモータ駆動部25sに出力する。ここで、比例ゲイン Kp 及び比例ゲイン Kp' は同一値であってもよく、積分ゲイン Ki 及び積分ゲイン Ki' は同一値であってもよい。

【0039】

モータ駆動部25mは、トルク指令値 T_m 及び後に説明するプリロードトルク値 $+Pr$ に基づいてメインモータ6mを駆動する。このために、モータ駆動部25mは、加算器41mと、減算器42mと、電流制御部43mと、を有する。

10

【0040】

加算器41mは、トルク指令値 T_m が速度制御部24mから入力される第1の+入力端子と、プリロードトルク値 $+Pr$ がプリロードトルク値生成部26から入力される第2の+入力端子と、トルク指令値 T_m とプリロードトルク値 $+Pr$ との和に相当するメインモータ6mに対する電流指令値 I_m を出力する出力端子と、を有する。

【0041】

減算器42mは、電流指令値 I_m が加算器41mから入力される+入力端子と、電流の値 I_m' が電流検出器5mから入力される-入力端子と、電流指令値 I_m と電流の値 I_m' との電流偏差 $I_m - I_m'$ を電流制御部43mに出力する出力端子と、を有する。

20

【0042】

電流制御部43mは、電流偏差 $I_m - I_m'$ が減算器42mから入力され、入力された電流偏差 $I_m - I_m'$ に基づいて、メインモータ6mに対する電圧指令値に対応するPWM信号 V_m を生成する。そして、電流制御部43mは、生成したPWM信号 V_m をインバータ4mに出力する。

【0043】

モータ駆動部25sは、トルク指令値 T_s 及び後に説明するプリロードトルク値 $-Pr$ に基づいてサブモータ6sを駆動する。このために、モータ駆動部25sは、加算器41sと、減算器42sと、電流制御部43sと、を有する。

【0044】

加算器41sは、トルク指令値 T_s が速度制御部24sから入力される第1の+入力端子と、プリロードトルク値 $-Pr$ がプリロードトルク値生成部26から入力される第2の+入力端子と、トルク指令値 T_s とプリロードトルク値 $-Pr$ との和に相当するサブモータ6sに対する電流指令値 I_s を出力する出力端子と、を有する。

30

【0045】

減算器42sは、電流指令値 I_s が加算器41sから入力される+入力端子と、電流の値 I_s' が電流検出器5sから入力される-入力端子と、電流指令値 I_s と電流の値 I_s' との電流偏差 $I_s - I_s'$ を電流制御部43sに出力する出力端子と、を有する。

【0046】

電流制御部43sは、電流偏差 $I_s - I_s'$ が減算器42sから入力され、入力された電流偏差 $I_s - I_s'$ に基づいて、サブモータ6sに対する電圧指令値に対応するPWM信号 V_s を生成する。そして、電流制御部43sは、生成したPWM信号 V_s をインバータ4sに出力する。

40

【0047】

プリロードトルク値生成部26は、上位制御装置13から出力される励磁信号 S_e に応答して、メインモータ6mの駆動軸に加えられる力の向きとサブモータ6sの駆動軸に加えられる力の向きとが互いに逆になるようにトルク指令値 T_m に予め付加されるトルク値である第1のプリロードトルク値としてのプリロードトルク値 $+Pr$ 及びトルク指令値 T_s に予め付加されるトルク値である第2のプリロードトルク値としてのプリロードトルク値 $-Pr$ を生成する。そして、プリロードトルク値生成部26は、生成したプリロードトルク値 $+Pr$, $-Pr$ を、加算器41m , 41sにそれぞれ出力する。

50

【 0 0 4 8 】

加速度計算部 2 7 は、位置指令値 m が上位制御装置 1 3 から入力され、入力された位置指令値 m を時間で 2 階微分することによって、第 1 のモータの加速度としての加速度 a を計算する。そして、加速度計算部 2 7 は、計算した加速度 a を積分値選択部 2 8 に出力する。

【 0 0 4 9 】

積分値選択部 2 8 は、メインモータ 6 m の駆動状態及びサブモータ 6 s の駆動状態に応じて、積分値 $S m$ と積分値 $S s$ のうちのいずれか一方を上記予め決定された値として選択する。

【 0 0 5 0 】

図 2 は、図 1 の積分値選択部及び速度制御部の一例を詳細に示す図である。図 2 に示すように、速度制御部 2 4 m は、第 1 の積分器としての積分器 3 1 m と、増幅器 3 2 m と、増幅器 3 3 m と、加算器 3 4 m と、を有する。

【 0 0 5 1 】

積分器 3 1 m は、積分値 $S m$ を計算する。増幅器 3 2 m は、速度偏差 $m - m'$ を増幅する比例ゲイン $K p$ の増幅器である。増幅器 3 3 m は、上記予め決定された値を増幅する積分ゲイン $K i$ の増幅器である。

【 0 0 5 2 】

加算器 3 4 m は、速度偏差 $m - m'$ と比例ゲイン $K p$ との積が増幅器 3 2 m から入力される第 1 の入力端子と、上記予め決定された値と積分ゲイン $K i$ との積が増幅器 3 3 m から入力される第 2 の入力端子と、これらの積の和であるトルク指令値 $T m$ を出力する出力端子と、を有する。

【 0 0 5 3 】

また、図 2 に示すように、速度制御部 2 4 s は、第 2 の積分器としての積分器 3 1 s と、増幅器 3 2 s と、増幅器 3 3 s と、加算器 3 4 s と、を有する。

【 0 0 5 4 】

積分器 3 1 s は、積分値 $S s$ を計算する。増幅器 3 2 s は、速度偏差 $s - s'$ を増幅する比例ゲイン $K p'$ の増幅器である。増幅器 3 3 s は、上記予め決定された値を増幅する積分ゲイン $K i'$ の増幅器である。

【 0 0 5 5 】

加算器 3 4 s は、速度偏差 $s - s'$ と比例ゲイン $K p'$ との積が増幅器 3 2 s から入力される第 1 の入力端子と、上記予め決定された値と積分ゲイン $K i'$ との積が増幅器 3 3 s から入力される第 2 の入力端子と、これらの積の和であるトルク指令値 $T s$ を出力する出力端子と、を有する。

【 0 0 5 6 】

さらに、図 2 に示すように、積分値選択部 2 8 は、判定部 2 8 a と、スイッチ 2 8 b と、を有する。判定部 2 8 a は、加速度 a が加速度計算部 2 7 から入力され、モータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるかサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるかを、加速度 a に基づいて判定する。そして、判定部 2 8 a は、判定に応じた指令をスイッチ 2 8 b に出す。スイッチ 2 8 b は、判定部 2 8 a からの指令に従って、積分器 3 1 m の出力部と積分器 3 1 s の出力部のうちのいずれか一方を増幅器 3 3 m の入力部及び増幅器 3 3 s の入力部に接続する。

【 0 0 5 7 】

更に具体的には、モータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態に設定された後又は加速度 a がゼロより大きい第 1 の値としてのしきい値 $T h$ ($T h > 0$) より大きくなった後に加速度 a がゼロより小さい第 2 の値としてのしきい値 $T h'$ ($T h' < 0$) より大きい値に維持されている状態であるときには、判定部 2 8 a は、モータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であると判定する。それに対し、モータ制御装置 1 2 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態に設定された後又は加速度 a がしきい値 $T h'$ より小さくなった後に加速度 a がしきい値 $T h$ より小さい値に維持され

10

20

30

40

50

ている状態であるときには、判定部 28 a は、モータ制御装置 12 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であると判定する。ここで、しきい値 T_h を、しきい値 T_h' の絶対値と同一にすることができる。また、二つのしきい値 T_h , T_h' を用いることによって、チャタリングを防止することができる。

【0058】

モータ制御装置 12 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であると判定した場合、判定部 28 a は、積分器 31 m の出力部を増幅器 33 m の入力部及び増幅器 33 s の入力部に接続するようにスイッチ 28 b を制御する。したがって、積分値選択部 28 は、上記予め決定された値として積分値 S_m を選択するので、速度制御部 24 m は、速度偏差 $m - m'$ と比例ゲイン K_p との積及び積分値 S_m と積分ゲイン K_i との積の和であるトルク指令値 T_m を出力し、速度制御部 24 s は、速度偏差 $s - s'$ と比例ゲイン K_p との積及び積分値 S_m と積分ゲイン K_i' との積の和であるトルク指令値 T_s を出力する。

10

【0059】

それに対し、モータ制御装置 12 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であると判定した場合、判定部 28 a は、積分器 31 s の出力部を増幅器 33 m の入力部及び増幅器 33 s の入力部に接続するようにスイッチ 28 b を制御する。したがって、積分値選択部 28 は、上記予め決定された値として積分値 S_s を選択するので、速度制御部 24 m は、速度偏差 $m - m'$ と比例ゲイン K_p との積及び積分値 S_s と積分ゲイン K_i との積の和であるトルク指令値 T_m を出力し、速度制御部 24 s は、速度偏差 $s - s'$ と比例ゲイン K_p' との積及び積分値 S_s と積分ゲイン K_i' との積の和であるトルク指令値 T_s を出力する。

20

【0060】

上位制御装置 13 は、CNC（数値制御装置）等によって構成され、位置指令値 m を減算器 21 m 及び加速度計算部 27 に出力し、位置指令値 s を減算器 21 s に出力し、プリロードトルク値 $+Pr$, $-Pr$ を生成するための励磁信号 Se をプリロードトルク値生成部 26 に出力する。

【0061】

本実施の形態では、モータ制御装置 12 は、入出力ポート、シリアル通信回路、A/D 変換器、コンパレータ等を備えたプロセッサによって実現され、図示しないメモリに格納された処理プログラムに従って各種処理を実行する。

30

【0062】

図 3 は、図 1 に示すモータ制御装置の動作のフローチャートである。まず、加速度計算部 27 は、加速度 a を計算し、計算した加速度 a を判定部 28 a に出力する（ステップ S1）。その後、判定部 28 a は、計算した加速度 a がしきい値 T_h' より小さいか否か判断する（ステップ S2）。加速度 a がしきい値 T_h' より小さい場合、判定部 28 a は、上記予め決定された値として積分値 S_s を選択するために、積分器 31 s の出力部を増幅器 33 m の入力部及び増幅器 33 s の入力部に接続するようにスイッチ 28 b を制御し（ステップ S3）、処理フローを終了する。

【0063】

それに対し、加速度 a がしきい値 T_h' 以上である場合、判定部 28 a は、計算した加速度 a がしきい値 T_h より大きい場合、判定部 28 a は、上記予め決定された値として積分値 S_m を選択するために、積分器 31 m の出力部を増幅器 33 m の入力部及び増幅器 33 s の入力部に接続するようにスイッチ 28 b を制御し（ステップ S5）、処理フローを終了する。それに対し、加速度 a がしきい値 T_h 以下である場合、処理フローを終了する。

40

【0064】

図 4 は、図 1 に示すモータ制御装置によって制御されるモータの加速度の時間変化の一例を示す図である。図 4 を用いて説明する動作において、判定部 28 a は、動作開始時である時間 t_0 において、モータ制御装置 12 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態

50

に設定するために上記予め決定された値として積分値 S_s を選択する。

【0065】

図4において、時間 t_0 から時間 t_1 までの期間は、加速度 a がゼロから a_1 ($a_1 > Th$) まで線形的に増加し、時間 t_1 から時間 t_2 までの期間は、加速度 a が a_1 から a_2 ($a_2 < a_1$) まで線形的に減少し、時間 t_2 から時間 t_3 までの期間は、加速度 a が a_2 に維持(メインモータ6mの速度が一定)され、時間 t_3 から時間 t_4 までの期間は、加速度 a が a_2 からしきい値 Th' まで線形的に減少する。すなわち、時間 t_0 から時間 t_4 までの期間は、モータ制御装置12がメインモータ6mを主に駆動している状態に設定された後に加速度 a がしきい値 Th' より大きい値に維持されている状態である。したがって、判定部28aは、時間 t_0 から時間 t_4 までの期間中はモータ制御装置12がメインモータ6mを主に駆動している状態であると判定し、上記予め決定された値として積分値 S_s を選択する。

10

【0066】

また、図4において、時間 t_4 から時間 t_5 までの期間は、加速度 a がしきい値 Th' から a_3 ($a_3 < Th'$) まで線形的に減少し、時間 t_5 から時間 t_6 までの期間は、加速度が a_3 からゼロまで線形的に増加する。すなわち、時間 t_4 から時間 t_6 までの期間は、加速度 a がしきい値 Th' より小さくなった後に加速度 a がしきい値 Th より小さい値に維持されている状態である。したがって、判定部28aは、時間 t_4 から時間 t_6 までの期間中はモータ制御装置12がサブモータ6sを主に駆動している状態であると判定し、上記予め決定された値として積分値 S_s を選択する。

20

【0067】

また、図4において、時間 t_6 から時間 t_7 までの期間は、加速度 a がゼロに維持(メインモータ6mが停止)され、時間 t_7 から時間 t_8 までの期間は、加速度 a がゼロから a_4 ($a_4 < a_3$) まで線形的に減少し、時間 t_8 から時間 t_9 までの期間は、加速度が a_4 から a_5 ($Th' < a_5 < 0$) まで線形的に増加し、時間 t_9 から時間 t_{10} までの期間は、加速度 a が a_5 に維持(メインモータ6mの速度が一定)され、時間 t_{10} から時間 t_{11} までの期間は、加速度 a が a_5 からしきい値 Th まで線形的に増加する。すなわち、時間 t_6 から時間 t_{11} までの期間は、モータ制御装置12がサブモータ6sを主に駆動している状態に設定された後に加速度 a がしきい値 Th より小さい値に維持されている状態である。したがって、判定部28aは、時間 t_6 から時間 t_{11} までの期間中はモータ制御装置12がサブモータ6sを主に駆動している状態であると判定し、上記予め決定された値として積分値 S_s を選択する。

30

【0068】

さらに、時間 t_{11} から時間 t_{12} までの期間は、加速度 a がしきい値 Th から a_6 ($Th < a_6 < a_1$) まで線形的に増加し、時間 t_{12} から時間 t_{13} までの期間は、加速度 a が a_1 からゼロまで線形的に減少する。すなわち、時間 t_{11} から t_{13} までの期間は、加速度 a がしきい値 Th より大きくなった後にしきい値 Th' より大きい値に維持されている状態である。したがって、判定部28aは、時間 t_{11} から時間 t_{13} までの期間中はモータ制御装置12がメインモータ6mを主に駆動している状態であると判定し、上記予め決定された値として積分値 S_m を選択する。

40

【0069】

図5A~5Dは、本発明によるモータ制御装置の効果の説明するための図である。図5Aにおいて、プリロードトルク値 $+Pr$, $-Pr$ を生成している条件下でモータ制御装置12がメインモータ6mを主に駆動している状態であるかサブモータ6sを主に駆動している状態であるかに関係なく積分値 S_m を選択した場合に生じる電流指令値 I_m 及び電流指令値 I_s の時間変化を、実線 , でそれぞれ示す。また、図5Bにおいて、実線 , でそれぞれ示す電流指令値 I_m 及び電流指令値 I_s に対応する位置偏差 $s - m'$ を、実線 で示す。

【0070】

図5Cにおいて、プリロードトルク値 $+Pr$, $-Pr$ を生成している条件下でモータ制

50

御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるときに積分値 S_m を選択するとともにモータ制御装置 1 2 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるときに積分値 S_s を選択した場合に生じる電流指令値 I_m 及び電流指令値 I_s の時間変化を、実線 ' , ' でそれぞれ示す。また、図 5 D において、実線 ' , ' でそれぞれ示す電流指令値 I_m 及び電流指令値 I_s に対応する位置偏差 $s - m$ ' を、実線 ' で示す。

【 0 0 7 1 】

実線 ' , ' で示すように、プリロードトルク値 $+ P_r$, $- P_r$ を生成している条件下でモータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるときに積分値 S_m を選択するとともにモータ制御装置 1 2 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるときに積分値 S_s を選択した場合の位置偏差 $s - x$ の変動は、プリロードトルク値 $+ P_r$, $- P_r$ を生成している条件下でモータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるかサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるかに関係なく積分値 S_m を選択した場合に比べて大幅に減少する。

10

【 0 0 7 2 】

したがって、プリロードトルク値 $+ P_r$, $- P_r$ を生成している条件下でモータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるときに積分値 S_m を選択するとともにモータ制御装置 1 2 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるときに積分値 S_s を選択した場合、位置偏差 $s - x$ が大きくなることによるメインモータ 6 m 及びサブモータ 6 s の制御に対する悪影響を回避することができる。

【 0 0 7 3 】

本実施の形態によれば、積分値選択部 2 8 は、メインモータ 6 m の駆動状態及びサブモータ 6 s の駆動状態に応じて、積分値 S_m と積分値 S_s のうちのいずれか一方を上記予め決定された値として選択する。すなわち、積分値選択部 2 8 は、加速度 a がしきい値 T_h より大きくなったとき（メインモータ 6 m を主に駆動している状態）には積分値 S_m を上記予め決定された値として選択し、加速度 a がしきい値 T_h ' より小さくなったとき（サブモータ 6 s を主に駆動している状態）には積分値 S_s を上記予め決定された値として選択する。このように積分値 S_m と積分値 S_s のうちのいずれか一方を上記予め決定された値として選択することによって、メインモータ 6 m 及びサブモータ 6 s を駆動する際に主に駆動されるモータがメインモータ 6 m とサブモータ 6 s のいずれであっても、位置偏差 $s - x$ が大きくなることによるメインモータ 6 m 及びサブモータ 6 s の制御に対する悪影響を回避することができる。

20

30

【 0 0 7 4 】

図 6 は、図 1 の積分値選択部及び速度制御部の他の例を詳細に示す図である。図 6 に示すように、積分値選択部 2 8 は、判定部 2 8 a を有する。判定部 2 8 a は、加速度 a が加速度計算部 2 7 から入力され、モータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であるかサブモータ 6 s を主に駆動している状態であるかを、加速度 a に基づいて判定する。

【 0 0 7 5 】

モータ制御装置 1 2 がメインモータ 6 m を主に駆動している状態であると判定した場合、判定部 2 8 a は、積分器 3 1 s が計算した積分値 S_s を積分器 3 1 m が計算した積分値 S_m に書き換える。そして、積分器 3 1 s は、積分値 S_s の代わりに積分値 S_m を増幅器 3 3 s に出力する。したがって、積分値選択部 2 8 は、上記予め決定された値として積分値 S_m を選択するので、速度制御部 2 4 m は、速度偏差 $m - m$ ' と比例ゲイン K_p との積及び積分値 S_m と積分ゲイン K_i との積の和であるトルク指令値 T_m を出力し、速度制御部 2 4 s は、速度偏差 $s - s$ ' と比例ゲイン K_p ' との積及び積分値 S_m と積分ゲイン K_i ' との積の和であるトルク指令値 T_s を出力する。

40

【 0 0 7 6 】

それに対し、モータ制御装置 1 2 がサブモータ 6 s を主に駆動している状態であると判定した場合、判定部 2 8 a は、積分器 3 1 m が計算した積分値 S_m を積分器 3 1 s が計算した積分値 S_s に書き換える。そして、積分器 3 1 m は、積分値 S_m の代わりに積分値 S

50

sを増幅器33mに出力する。したがって、積分値選択部28は、上記予め決定された値として積分値S_sを選択するので、速度制御部24mは、速度偏差 $m - m'$ と比例ゲインK_pとの積及び積分値S_sと積分ゲインK_iとの積の和であるトルク指令値T_mを出力し、速度制御部24sは、速度偏差 $s - s'$ と比例ゲインK_p'との積及び積分値S_sと積分ゲインK_i'との積の和であるトルク指令値T_sを出力する。

【0077】

本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、幾多の変更及び変形が可能である。例えば、上記実施の形態において、第1のモータに関連する位置情報及び第2のモータに関連する位置情報として機械の位置 x を用いたが、第1のモータに関連する位置情報及び第2のモータに関連する位置情報としてメインモータ6mの回転角度 m' 、サブモータ6sの回転角度 s' を用いることができる。

10

【0078】

また、上記実施の形態において、サブモータ6sの位置偏差を求めるために機械の位置 x を用いる場合について説明したが、サブモータ6sの位置偏差を求めるためにサブモータ6sの回転角度 s' を用いてもよい。

【0079】

また、上記実施の形態において、位置指令値 m を時間で2階微分することによって第1のモータの加速度としての加速度 a を計算したが、加速度 a を、回転角度 m' を時間で2階微分することによって計算し、回転角度 s' を時間で2階微分することによって計算し、又は、回転角度 m' を時間で2階微分することによって計算した値と回転角度 s' を時間で2階微分することによって計算した値の和を2で除算することによって計算することもできる。

20

【0080】

さらに、上記実施の形態において、プリロードトルク値生成部26を設ける場合について説明したが、プリロードトルク値生成部26を省略することもできる。

【符号の説明】

【0081】

- 1 三相交流電源
- 2 コンバータ
- 3 平滑用コンデンサ
- 4 m , 4 s インバータ
- 5 m , 5 s 電流検出器
- 6 m メインモータ
- 6 s サブモータ
- 7 m , 7 s 伝達機構
- 8 被駆動体
- 9 機械位置検出器
- 10 m , 10 s モータ位置検出器
- 11 m , 11 s モータ速度検出部
- 12 モータ制御装置
- 13 上位制御装置
- 21 m , 21 s , 23 m , 23 s , 42 m , 42 s 減算器
- 22 m , 22 s 位置制御部
- 24 m , 24 s 速度制御部
- 25 m , 25 s モータ駆動部
- 26 プリロードトルク値生成部
- 27 加速度計算部
- 28 積分値選択部
- 28 a 判定部
- 28 b スイッチ

30

40

50

- 3 1 m , 3 1 s 積分器
- 3 2 m , 3 2 s , 3 3 m , 3 3 s 増幅器
- 3 4 m , 3 4 s , 4 1 m , 4 1 s 加算器
- 4 3 m , 4 3 s 電流制御部

【要約】

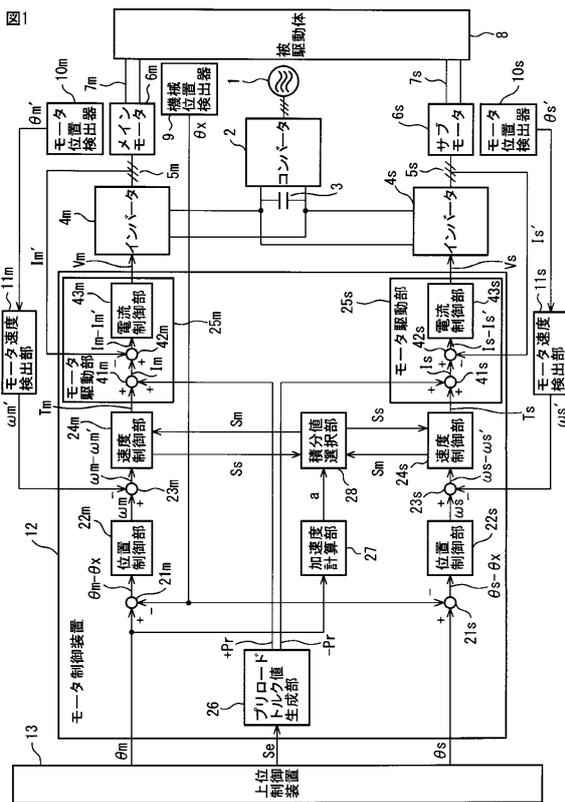
【課題】二つのモータを駆動する際に主に駆動されるモータがいずれのモータであっても位置偏差が大きくなることによるモータの制御に対する悪影響を回避することができるモータ制御装置を提供する。

【解決手段】速度制御部 2 4 m は、速度指令値 m と回転速度 m' との間の速度偏差 $m - m'$ の積分値 S_m を計算する積分器を有し、速度偏差 $m - m'$ 、予め決定された値、比例ゲイン及び積分ゲインに基づいてトルク指令値 T_m を生成する。速度制御部 2 4 s は、速度指令値 s と回転速度 s' との間の速度偏差 $s - s'$ の積分値 S_s を計算する積分器を有し、速度偏差 $s - s'$ 、予め決定された値、比例ゲイン及び積分ゲインに基づいてトルク指令値 T_s を生成する。積分値選択部 2 8 は、メインモータ 6 m の駆動状態及びサブモータ 6 s の駆動状態に応じて、積分値 S_m と積分値 S_s のうちのいずれか一方を予め決定された値として選択する。

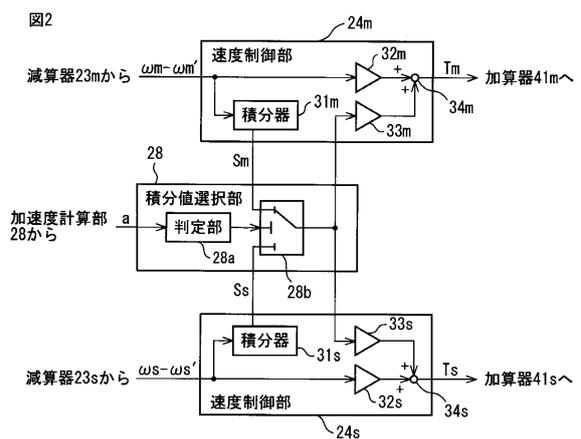
10

【選択図】図 1

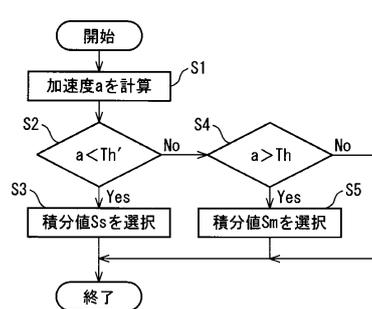
【図 1】



【図 2】

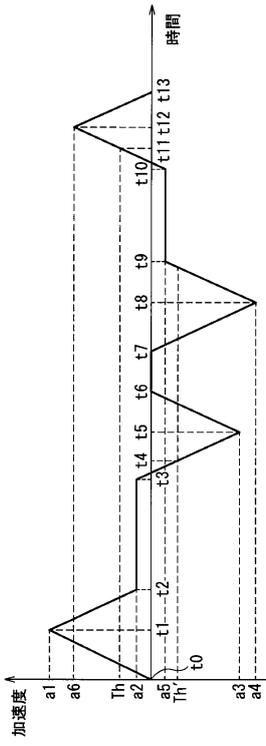


【図 3】



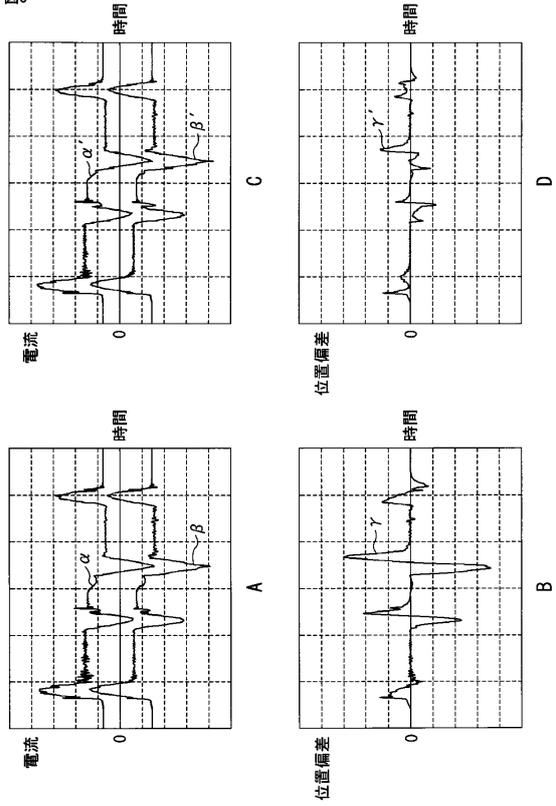
【図4】

図4



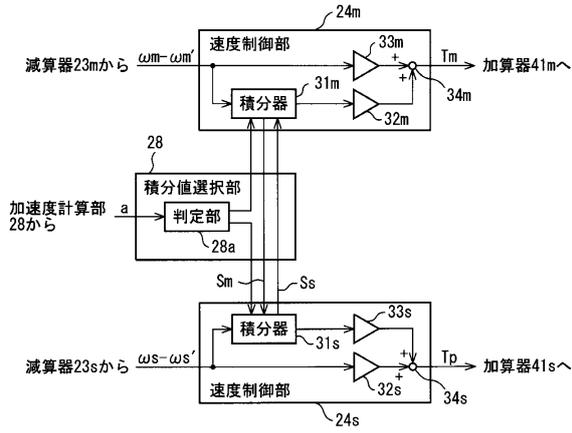
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 前田 和臣

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 池田 貴俊

(56)参考文献 特開2013-31234(JP,A)
特開2012-165610(JP,A)
特開2007-116836(JP,A)
特開2005-278362(JP,A)
特開2001-300792(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 5/50
G05D 3/00