

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7183489号
(P7183489)

(45)発行日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(24)登録日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 P 6/04 (2016.01) H 0 2 P 6/04
H 0 2 P 5/00 (2016.01) H 0 2 P 5/00

請求項の数 6 (全20頁)

(21)出願番号	特願2022-557906(P2022-557906)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和4年6月9日(2022.6.9)	(74)代理人	100118762 弁理士 高村 順
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/023297	(72)発明者	奥村 慎司 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和4年9月22日(2022.9.22)	(72)発明者	関口 裕幸 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
早期審査対象出願		(72)発明者	上野 将 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		審査官	池田 貴俊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動機制御装置及び機械装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

架台に設置された第1の電動機の可動子を駆動する力を表す信号である基準駆動力信号に基づいて、前記第1の電動機の可動子の駆動の反力により弾性変形する前記架台の絶対位置の推定値である架台モデル位置を決定する架台状態推定器と、
前記架台に設置され前記第1の電動機と異なる第2の電動機の可動子の位置を指定する第2の位置指令に基づく信号と前記第2の電動機の可動子と前記第2の電動機の固定子との相対位置を示す第2の電動機位置信号との差分が小さくなるように前記第2の電動機を駆動する信号である第2の偏差抑制信号を決定する第2の制御器と、

前記架台状態推定器によって決定された前記架台モデル位置を基に変位補正信号を決定する補正量決定器と、

前記補正量決定器によって決定された前記変位補正信号と前記第2の制御器によって決定された前記第2の偏差抑制信号とを基に前記第2の電動機を駆動する補正電動機駆動信号を決定する演算器と、

を備えることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項2】

前記架台状態推定器は、2次振動系を含む伝達関数で表される演算をすることを特徴とする請求項1に記載の電動機制御装置。

【請求項3】

前記架台状態推定器は、前記架台の減衰比、前記架台の減衰係数、前記架台の固有角振

動数、前記架台のばね定数、及び、前記架台の質量のうち少なくともいずれか一つに基づいて前記架台モデル位置を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電動機制御装置。

【請求項 4】

前記補正量決定器は、前記第 2 の電動機によって駆動される第 2 の駆動体の質量、前記第 2 の駆動体の慣性モーメント、前記第 2 の電動機の可動子の質量、前記第 2 の電動機の可動子の慣性モーメント、前記第 2 の制御器の伝達特性、及び、前記架台の二点の位置における振動の振幅比である架台振動振幅比のうち少なくともいずれか一つを基に前記変位補正信号を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電動機制御装置。

【請求項 5】

前記基準駆動力信号は、前記第 1 の電動機の可動子の位置が前記第 1 の電動機の位置を決定する第 1 の位置指令に基づく信号に追従するための理想的な駆動力である第 1 のモデル駆動力、前記第 1 の位置指令に基づく信号と第 1 の電動機位置信号との差分が小さくなるように前記第 1 の電動機の可動子を駆動する信号である第 1 の偏差抑制信号、及び、前記第 1 のモデル駆動力と前記第 1 の偏差抑制信号とに基づいて算出された第 1 の電動機駆動信号のうちいずれか一つであることを特徴とする請求項 1 に記載の電動機制御装置。

10

【請求項 6】

前記架台と、

前記第 1 の電動機と、

前記第 2 の電動機と、

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の電動機制御装置と、

を備えることを特徴とする機械装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、架台に設置された複数の電動機を制御するための電動機制御装置及び機械装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電子部品実装機、露光装置、又は工作機械などの産業用機械装置では、高速かつ高精度な制御性能が求められている。産業用機械装置の一つとして、2 個の電動機が架台に設置された装置が挙げられる。当該装置において、一方の電動機の加減速の影響で他方の電動機の制御性能が劣化することがあり、軸間の影響を非干渉化する制御が求められている。

30

【0003】

特許文献 1 に記載の位置決め制御系の外乱非干渉化補償装置において、外乱の影響を受ける側の駆動体の観測量に対して外乱の非干渉化補償を行う外乱非干渉化補償器は、外乱発生側の駆動体の操作量 u_b を入力として、外乱の影響を受ける側の駆動体の観測量 x_{1m} に対する該外乱の非干渉化補償を行うためのフィードフォワード補償量 u_c を出力する第 1 のフィードフォワード補償器 $F_{n1}(s)$ と、外乱の影響を受ける側の駆動体の操作量 $C_1(s)$ の出力を第 1 のフィードフォワード補償器 $F_{n1}(s)$ の出力で補正する第 1 の演算器とを有する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2010 - 204878 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載の位置決め制御系の外乱非干渉化補償装置には、軸間の影響を非干渉化する補償器を調整するために長い時間を要するという課題がある。すなわち、従来の技術には、軸間の影響を非干渉化する補償器を短い時間で調整することが可能であ

50

り、かつ、軸間の干渉を抑制することができる電動機制御装置を提供することができないという課題がある。

【0006】

本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、軸間の干渉を抑制することが可能であり、かつ、軸間の影響を非干渉化する補償器を短い時間で調整することができる電動機制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示に係る電動機制御装置は、架台に設置された第1の電動機の可動子を駆動する力を表す信号である基準駆動力信号に基づいて、第1の電動機の可動子の駆動の反力により弾性変形する架台の絶対位置の推定値である架台モデル位置を決定する架台状態推定器と、架台に設置され第1の電動機と異なる第2の電動機の可動子の位置を指定する第2の位置指令に基づく信号と第2の電動機の可動子と第2の電動機の固定子との相対位置を示す第2の電動機位置信号との差分が小さくなるように第2の電動機を駆動する信号である第2の偏差抑制信号を決定する第2の制御器と、架台状態推定器によって決定された架台モデル位置を基に変位補正信号を決定する補正量決定器と、補正量決定器によって決定された変位補正信号と第2の制御器によって決定された第2の偏差抑制信号とを基に第2の電動機を駆動する補正電動機駆動信号を決定する演算器とを有する。

【発明の効果】

【0008】

本開示に係る電動機制御装置は、軸間の干渉を抑制することが可能であり、かつ、軸間の影響を非干渉化する補償器を短い時間で調整することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】二つの電動機を有する機械装置の上面図

【図2】二つの電動機を有する機械装置の側面図

【図3】実施の形態1に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示す図

【図4】図3を等価変換して得られた図

【図5】実施の形態1に係る入力装置の構成を示す図

【図6】実施の形態1に係る実験で対象とする機械装置の第1の偏差抑制信号から第2の機械端相対変位までの周波数応答を示すボード線図

【図7】第1の位置指令を示す図

【図8】実施の形態1に係る電動機制御装置を用いた場合と当該電動機制御装置を用いていない場合とについて位置決め運転をしたときの応答を比較した実験結果を示す図

【図9】実施の形態2に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示す図

【図10】実施の形態1に係る電動機制御装置が有する第1の制御器、検出器、第2の制御器、架台状態推定器、補正量決定器及び演算器の少なくとも一部の機能がプロセッサによって実現される場合のプロセッサを示す図

【図11】実施の形態1に係る電動機制御装置が有する第1の制御器、検出器、第2の制御器、架台状態推定器、補正量決定器及び演算器の少なくとも一部の機能が処理回路によって実現される場合の処理回路を示す図

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、実施の形態に係る電動機制御装置及び機械装置を図面に基づいて詳細に説明する。

【0011】

実施の形態1 .

図1は、二つの電動機を有する機械装置100の上面図である。図2は、二つの電動機を有する機械装置100の側面図である。図1及び図2は、二つの電動機を有する機械装

10

20

30

40

50

置 100 を模式的に示している。図 1 及び図 2 に示される機械装置 100 は、レベリングブロック 8 で支持される架台 1 と、架台 1 に固定された第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 と、第 1 の電動機 2 によって駆動される第 1 の駆動体 4 と、第 2 の電動機 3 によって駆動される第 2 の駆動体 5 とを有する。第 2 の電動機 3 は、第 1 の電動機 2 と異なる電動機である。

【0012】

架台 1 は、架台下部 1c と、架台下部 1c に設置された架台側面 1a と、架台側面 1a に設置された架台上部 1b とを含む。第 1 の電動機 2 は、架台上部 1b に固定された固定子 2a と、固定子 2a の長手方向に動く可動子 2b とを含む。第 2 の電動機 3 は、架台上部 1b に固定された固定子 3a と、固定子 3a の長手方向に動く可動子 3b とを含む。実施の形態 1 では、第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 はリニアモータである。第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 は、リニアモータに限定されず、回転型モータであってもよい。

10

【0013】

第 1 の駆動体 4 は、可動子 2b に設置されて可動子 2b と一体となって動作する駆動部 4a と、駆動部 4a の先端に固定された作業具 4b とを含む。第 2 の駆動体 5 は、可動子 3b に設置されて可動子 3b と一体となって動作する駆動部 5a と、駆動部 5a の先端に固定された作業具 5b とを含む。実施の形態 1 では、作業具 4b 及び作業具 5b は工具である。作業具 4b 及び作業具 5b は、工具に限定されず、ロボットハンドであってもよい。実施の形態 1 では、作業具 4b は架台下部 1c に設置された作業対象物 6 を加工し、作業具 5b は架台下部 1c に設置された作業対象物 7 を加工する。

20

【0014】

実施の形態 1 では、実施の形態 1 に係る電動機制御装置の効果をわかりやすくするため、2 個の電動機を有する機械装置を制御対象として説明する。3 個以上の電動機を備えた機械装置に対しても、実施の形態 1 に係る電動機制御装置の効果をj得ることができる。

【0015】

図 3 は、実施の形態 1 に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示す図である。実施の形態 1 では、当該システムの構造をわかりやすくするため、第 1 の電動機 2 の駆動による第 2 の電動機 3 の制御性能の劣化を抑制する場合に関連する事項を説明する。第 2 の電動機 3 の駆動による第 1 の電動機 2 の制御性能の劣化を抑制する場合と、第 1 の電動機 2 の駆動による第 2 の電動機 3 の制御性能の劣化と第 2 の電動機 3 の駆動による第 1 の電動機 2 の制御性能の劣化とを抑制する場合とにも、実施の形態 1 に係る電動機制御装置を適用することができる。

30

【0016】

実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、架台 1 に設置された第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 を有する。実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、第 1 の電動機 2 の可動子 2b の位置を決定する第 1 の位置指令と第 1 の電動機位置信号とを基に、第 1 の位置指令と第 1 の電動機位置信号との差分が小さくなるように第 1 の電動機 2 を駆動する第 1 の偏差抑制信号 T_1 を決定する第 1 の制御器 11 を更に有する。可動子 2b は、第 1 の偏差抑制信号 T_1 を基に駆動される。実施の形態 1 では、第 1 の偏差抑制信号 T_1 は基準駆動力信号に該当する。実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、第 1 の電動機 2 の可動子 2b の位置と架台 1 との相対位置である第 1 のモータ端相対変位を検出する検出器 12 を更に有する。第 1 の電動機位置信号は、検出器 12 によって検出された第 1 のモータ端相対変位を示す。第 1 のモータ端相対変位から第 1 の電動機位置信号までの伝達特性 H_1 は、下記の式 (1) で表される。

40

【0017】

【数 1】

$$H_1 = \dots (1)$$

【0018】

50

第1の制御器11は、第1の位置指令から第1の電動機位置信号を減算した第1の位置偏差信号を出力する演算器11aと、第1の位置偏差信号に K_{pp1} を乗じた第1の速度補正信号を出力する比例ゲイン出力器11bとを有する。第1の制御器11は、第1の電動機位置信号を微分する微分器11cと、第1の速度補正信号と微分器11cが第1の電動機位置信号を微分することによって得られた信号とを基に第1の速度偏差信号を出力する演算器11dとを更に有する。具体的には、演算器11dは、第1の速度補正信号から微分器11cが第1の電動機位置信号を微分することによって得られた信号を減じて第1の速度偏差信号を出力する。第1の制御器11は、第1の速度偏差信号を基に第1の偏差抑制信号 T_1 を出力する第1の速度制御器11eを更に有する。実施の形態1では、第1の速度制御器11eは、PI(P:Proportional、I:Integral)制御器である。第1の速度制御器11eの伝達特性 $C_{v1}(s)$ は、下記の式(2)で表される。

10

【0019】

【数2】

$$C_{v1}(s) = K_{vp1} + \frac{K_{vi1}}{s} \quad \dots(2)$$

【0020】

s は、ラプラス演算子である。 K_{vp1} は速度制御の比例ゲインであり、 K_{vi1} は速度制御の積分ゲインである。第1の電動機位置信号から第1の偏差抑制信号 T_1 までの伝達特性 $C_1(s)$ は、下記の式(3)で表すことができる。

20

【0021】

【数3】

$$C_1(s) = -K_{pp1} - \left(K_{vp1} + \frac{K_{vi1}}{s} \right) \cdot s \quad \dots(3)$$

【0022】

実施の形態1では、第1の制御器11は、P-PI制御器である。第1の制御器11は、P-PI制御器に限定されず、PID(Proportional-Integral-Differential)制御器であってもよい。

30

【0023】

実施の形態1に係る電動機制御装置は、第2の電動機3の可動子3bの位置を決定する第2の位置指令と第2の電動機位置信号とを基に、第2の位置指令と第2の電動機位置信号との差分が小さくなるように第2の電動機3を駆動する第2の偏差抑制信号を決定する第2の制御器13を更に有する。更に言うと、第2の制御器13は、第2の電動機3の可動子3bの位置を指定する第2の位置指令に基づく信号と第2の電動機3の可動子3bと第2の電動機3の固定子3aとの相対位置を示す第2の電動機位置信号との差分が小さくなるように第2の電動機3を駆動する信号である第2の偏差抑制信号を決定する。実施の形態1に係る電動機制御装置は、第2の電動機3の可動子3bの位置と架台1との相対位置である第2のモータ端相対変位を検出する検出器14を更に有する。第2の電動機位置信号は、検出器14によって検出された第2のモータ端相対変位を示す。第2のモータ端相対変位から第2の電動機位置信号までの伝達特性 H_2 は、下記の式(4)で表される。

40

【0024】

【数4】

$$H_2 = 1 \quad \dots(4)$$

【0025】

第2の制御器13は、第2の位置指令から第2の電動機位置信号を減算した第2の位置

50

偏差信号を出力する演算器 13a と、第 2 の位置偏差信号に K_{pp2} を乗じた第 2 の速度補正信号を出力する比例ゲイン出力器 13b とを有する。第 2 の制御器 13 は、第 2 の電動機位置信号を微分する微分器 13c と、第 2 の速度補正信号と微分器 13c が第 2 の電動機位置信号を微分することによって得られた信号とを基に第 2 の速度偏差信号を出力する演算器 13d とを更に有する。具体的には、演算器 13d は、第 2 の速度補正信号から微分器 13c が第 2 の電動機位置信号を微分することによって得られた信号を減じて第 2 の速度偏差信号を出力する。第 2 の制御器 13 は、第 2 の速度偏差信号を基に第 2 の偏差抑制信号を出力する第 2 の速度制御器 13e を更に有する。実施の形態 1 では、第 2 の速度制御器 13e は P I 制御器であり、第 2 の速度制御器 13e の伝達特性 $C_{v2}(s)$ は下記の式 (5) で表される。

【0026】

【数 5】

$$C_{v2}(s) = K_{vp2} + \frac{K_{vi2}}{s} \quad \dots (5)$$

【0027】

K_{vp2} は速度制御の比例ゲインであり、 K_{vi2} は速度制御の積分ゲインである。第 2 の電動機位置信号から第 2 の偏差抑制信号までの伝達特性 $C_2(s)$ は、下記の式 (6) で表すことができる。

【0028】

【数 6】

$$C_2(s) = -K_{pp2} - \left(K_{vp2} + \frac{K_{vi2}}{s} \right) \cdot s \quad \dots (6)$$

【0029】

実施の形態 1 では、式 (6) で表される $C_2(s)$ が第 2 の制御器 13 の伝達特性である。実施の形態 1 では、第 2 の制御器 13 は、P - P I 制御器である。第 2 の制御器 13 は、P - P I 制御器に限定されず、P I D 制御器であってもよい。

【0030】

実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、第 1 の偏差抑制信号 T_1 を基に可動子 2b 及び可動子 3b の駆動反力によって弾性変形する架台 1 における架台上部 1b の絶対位置の推定値である架台モデル位置を決定する架台状態推定器 15 を更に有する。更に言うと、架台状態推定器 15 は、第 1 の電動機 2 の可動子 2b を駆動する力を表す信号である基準駆動力信号に基づいて、第 1 の電動機 2 の可動子 2b の駆動の反力により弾性変形する架台 1 の絶対位置の推定値である架台モデル位置を決定する。実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、架台状態推定器 15 によって決定された架台モデル位置を基に変位補正信号を決定する補正量決定器 16A を更に有する。架台状態推定器 15 の伝達特性は $G_s(s)$ と表され、補正量決定器 16A の伝達特性は $G_t(s)$ と表される。

【0031】

実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、第 2 の制御器 13 によって決定された第 2 の偏差抑制信号と補正量決定器 16A によって決定された変位補正信号とを基に第 2 の電動機 3 を駆動する補正電動機駆動信号を決定して出力する演算器 17 を更に有する。具体的には、演算器 17 は、第 2 の速度制御器 13e によって出力された第 2 の偏差抑制信号と補正量決定器 16A によって決定された変位補正信号とを加算して補正電動機駆動信号を出力する。第 2 の電動機 3 の可動子 3b は、補正電動機駆動信号を基に駆動される。

【0032】

次に、架台状態推定器 15 の伝達特性 $G_s(s)$ と、補正量決定器 16A の伝達特性 $G_t(s)$ との導出過程を示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

$P_1(s)$ は、第 1 の偏差抑制信号 T_1 から第 1 の電動機 2 の可動子 2 b の位置までの特性を表したモデルである。 $P_2(s)$ は、第 2 の偏差抑制信号から第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の位置までの特性を表したモデルである。 $P_1(s)$ 及び $P_2(s)$ が剛体モデルであるとする、 $P_1(s)$ は下記の式 (7) で表すことができ、 $P_2(s)$ は下記の式 (8) で表すことができる。

【 0 0 3 4 】

【数 7】

$$P_1(s) = \frac{1}{m_1 s^2} \quad \dots (7) \quad 10$$

【 0 0 3 5 】

【数 8】

$$P_2(s) = \frac{1}{m_2 s^2} \quad \dots (8)$$

【 0 0 3 6 】

m_1 は第 1 の電動機 2 の可動子 2 b の質量と第 1 の駆動体 4 の質量との和であり、 m_2 は第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の質量と第 2 の駆動体 5 の質量との和である。 20

【 0 0 3 7 】

$P_s(s)$ は、架台 1 に加わる力から架台上部 1 b の位置までの特性を表したモデルである。架台 1 に加わる力は、ここでは第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 の駆動による反力である。第 1 の電動機 2 及び第 2 の電動機 3 が駆動すると、駆動による反力が架台 1 に伝搬し、架台 1 の剛性の低さに起因して架台 1 が弾性変形する。架台 1 の変位をバネ・マス・ダンパでモデル化すると、 $P_s(s)$ は下記の式 (9) で表すことができる。

【 0 0 3 8 】

【数 9】

$$P_s(s) = \frac{1}{M_b s^2 + D_b s + K_b} \quad \dots (9) \quad 30$$

【 0 0 3 9 】

K_b はばね定数であり、 D_b は減衰係数であり、 M_b は架台 1 の質量である。式 (9) に示されるように、架台 1 の伝達関数は 2 次の振動系で表される。式 (9) で表される架台 1 のモデルは共振特性を含むと仮定し、このとき式 (9) の極は複素数となる。このように架台 1 のモデルを 2 次の振動系で表現することで、架台 1 の共振の特性を含めて架台 1 をモデル化することができる。ここで実施の形態 1 では簡単化のため架台 1 の伝達関数を 2 次で表現したが、複雑な振動特性を表現するため、3 次以上でモデル化してもよい。 40

【 0 0 4 0 】

ここで、架台 1 はロッキングモードで振動すると仮定する。架台 1 がロッキングモードで振動する場合、架台 1 はレベリングブロック 8 を中心に回転運動をしながら振動する。このとき、架台上部 1 b と架台下部 1 c とは、同一周波数、同一位相、異なる振幅で振動する、とモデル化することができ、架台上部 1 b の位置 x_u は下記の式 (10) で表すことができ、架台下部 1 c の位置 x_d は下記の式 (11) で表すことができる。

【 0 0 4 1 】

【数 10】

$$x_u = A e^{\zeta t} \cos(\omega t + \alpha) \quad \dots (10)$$

【 0 0 4 2 】

【数 1 1 】

$$x_d = B e^{\zeta t} \cos(\omega t + \alpha) \quad \dots (11)$$

【 0 0 4 3 】

A は架台上部 1 b の最大振幅であり、B は架台下部 1 c の最大振幅であり、 ζ は減衰比であり、 t は時間であり、 ω は固有角振動数であり、 α は初期位相である。つまり、架台下部 1 c の位置 x_d は、架台上部 1 b の位置 x_u と、架台上部 1 b の最大振幅 A に対する架台下部 1 c の最大振幅 B の比である架台振動振幅比 $P_k = B / A$ とを用いることにより、下記の式 (1 2) と表すことができる。

10

【 0 0 4 4 】

【数 1 2 】

$$x_d = P_k \cdot x_u \quad \dots (12)$$

【 0 0 4 5 】

図 3 において、第 1 の偏差抑制信号 T_1 から、第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の位置から架台下部 1 c の位置を減算した第 2 の機械端相対変位 x_{tip} までの伝達関数は、下記の式 (1 3) で表すことができる。ただし、 $H_1 = 1$ 及び $H_2 = 1$ が代入された。

20

【 0 0 4 6 】

【数 1 3 】

$$\frac{x_{tip}}{T_1} = \left(P_k \cdot P_s(s) + \frac{G_s(s)G_t(s) + C_2(s)P_s(s)}{1 - C_2(s)(P_s(s) + P_2(s))} (P_2(s) + P_k \cdot P_s(s)) \right) \quad \dots (13)$$

【 0 0 4 7 】

式 (1 3) より、下記の式 (1 4) が得られる。式 (1 4) より、第 2 の機械端相対変位 x_{tip} がゼロとなるには下記の式 (1 5) が満たされればよい。

30

【 0 0 4 8 】

【数 1 4 】

$$x_{tip} = \left(P_k \cdot P_s(s) + \frac{G_s(s)G_t(s) + C_2(s)P_s(s)}{1 - C_2(s)(P_s(s) + P_2(s))} (P_2(s) + P_k \cdot P_s(s)) \right) T_1 \quad \dots (14)$$

【 0 0 4 9 】

【数 1 5 】

$$G_s(s)G_t(s) = \frac{-C_2(s)P_2(s)P_s(s)(1 - P_k) - P_k P_s(s)}{P_2 + P_k \cdot P_s} \quad \dots (15)$$

40

【 0 0 5 0 】

式 (7)、式 (8) 及び式 (9) を式 (1 5) に代入することで、下記の式 (1 6) が得られる。

【 0 0 5 1 】

【数 1 6 】

50

$$G_s(s)G_t(s) = \frac{-(1 - P_k)C_2(s) - P_k \cdot m_2 s^2}{(M_b + m_2 \cdot P_k)s^2 + D_b s + K_b} \quad \dots (16)$$

【 0 0 5 2 】

一般的に架台 1 の質量は可動子 3 b の質量と第 2 の駆動体 5 の質量との和より十分大きいことから、下記の式 (1 7) が得られる。式 (1 7) は、近似式である。

【 0 0 5 3 】

【数 1 7 】

$$M_b + m_2 \cong M_b \quad \dots (17) \quad 10$$

【 0 0 5 4 】

架台振動振幅比 P_k は一般的に $0 < P_k < 1$ であるので、下記の式 (1 8) が得られる。式 (1 8) は、近似式である。

【 0 0 5 5 】

【数 1 8 】

$$M_b + m_2 \cdot P_k \cong M_b \quad \dots (18) \quad 20$$

【 0 0 5 6 】

式 (1 7) 及び式 (1 8) を式 (1 6) に代入することにより、式 (1 9) を得ることができる。

【 0 0 5 7 】

【数 1 9 】

$$G_s(s)G_t(s) = \frac{-(1 - P_k)C_2(s) - P_k \cdot m_2 s^2}{M_b s^2 + D_b s + K_b} \quad \dots (19)$$

【 0 0 5 8 】

$G_s(s)$ を下記の式 (2 0) で表し、 $G_t(s)$ を下記の式 (2 1) で表すとする。

【 0 0 5 9 】

【数 2 0 】

$$G_s(s) = \frac{1}{M_b s^2 + D_b s + K_b} \quad \dots (20)$$

【 0 0 6 0 】

【数 2 1 】

$$G_t(s) = -(1 - P_k)C_2(s) - P_k \cdot m_2 s^2 \quad \dots (21) \quad 40$$

【 0 0 6 1 】

$G_s(s)$ は $P_s(s)$ と一致するので、 $G_s(s)$ は架台 1 のモデルの伝達関数であることがわかる。つまり、架台状態推定器 1 5 は、第 1 の偏差抑制信号 T_1 を基に架台 1 の位置を推定する。架台状態推定器 1 5 は、実施の形態 1 において 2 次の振動系であるので、架台状態推定器 1 5 は架台 1 の共振の特性を含んだ架台モデル位置を演算することができる。そのため、架台状態推定器 1 5 は、架台 1 の共振の特性を含め非干渉化をすることができる。また、架台 1 を 3 次以上でモデル化した場合、架台状態推定器 1 5 は、3 次以上となる。このように、架台状態推定器 1 5 は 2 次振動系を含む伝達関数で表される演算

をする。

【 0 0 6 2 】

架台 1 の減衰比を ζ_n とし、架台 1 の固有角振動数を ω_n とすると、式 (2 0) は、下記の式 (2 2) と表すこともできる。

【 0 0 6 3 】

【数 2 2】

$$G_s(s) = \frac{1}{s^2 + 2\omega_n \zeta_n s + \omega_n^2} \frac{1}{M_b} \quad \dots (22)$$

10

【 0 0 6 4 】

架台状態推定器 1 5 の特性は、式 (2 0) における架台 1 の質量 M_b 、粘性摩擦係数 D_b 及びばね定数 K_b と、式 (2 2) における固有角周波数 ω_n 及び減衰比 ζ_n とを基に決定される。 ζ_n は架台 1 の共振を表現するため、 ζ_n の値には 0 以上 1 未満の値が設定されるとよい。補正量決定器 1 6 A の特性は、第 2 の制御器 1 3 の伝達特性 $C_2(s)$ と、架台振動振幅比 P_k と、第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の質力と第 2 の駆動体 5 の質量との和である m_2 とを基に決定される。

【 0 0 6 5 】

実施の形態 1 では、電動機制御装置を含むシステムの構成を示すブロック図は図 3 であるが、実施の形態 1 に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示すブロック図は、図 3 に限定されず、図 3 から等価変換して得られた図であってもよい。例えば、図 4 は図 3 を等価変換して得られた図である。図 4 に示される電動機制御装置は、図 1 に示される電動機制御装置と同一の効果を得ることができる。

20

【 0 0 6 6 】

図 4 に示されるシステムでは、図 3 の演算器 1 3 d は演算器 1 3 d 1 に置き換えられている。図 4 に示されるシステムは、位置変位補正器 1 8 と、速度変位補正器 1 9 とを有する。位置変位補正器 1 8 の伝達特性と速度変位補正器 1 9 の伝達特性は同一であり、位置変位補正器 1 8 及び速度変位補正器 1 9 の伝達特性 G_p は下記の式 (2 3) で表される。

【 0 0 6 7 】

【数 2 3】

$$G_p = 1 - P_k \quad \dots (23)$$

30

【 0 0 6 8 】

図 4 に示される電動機制御装置は、補正量決定器 1 6 B を有する。補正量決定器 1 6 B の伝達特性 G は下記の式 (2 4) で表される。

【 0 0 6 9 】

【数 2 4】

$$G_\tau = -P_k m_2 s^2 \quad \dots (24)$$

40

【 0 0 7 0 】

図 4 の $G_s(s)$ は、図 3 の $G_s(s)$ と同一である。図 4 において、位置変位補正器 1 8 は、架台モデル位置を基に位置補正信号を演算器 1 3 a 1 に出力する。演算器 1 3 a 1 は、位置補正信号と、第 2 の位置指令と、第 2 の電動機位置信号とを基に、第 2 の位置偏差信号を出力する。速度変位補正器 1 9 は、架台モデル位置を微分器 2 0 で微分した架台モデル速度を基に速度補正信号を演算器 1 3 d 1 に出力する。演算器 1 3 d 1 は、第 2 の速度補正信号と、速度補正信号と、電動機位置信号を微分器 1 3 c で微分した信号とを基に第 2 の速度偏差信号を出力する。図 4 におけるその他の構成は、図 1 と同一である。

【 0 0 7 1 】

50

図3における架台状態推定器15及び補正量決定器16A、並びに図4における架台状態推定器15、補正量決定器16B、位置変位補正器18及び速度変位補正器19に含まれるパラメータは、図5に示す入力装置31から入力される。図5は、実施の形態1に係る入力装置31の構成を示す図である。入力装置31は、プロセッサ31aと、記憶装置31bと、入力部31cとを有するコンピュータである。記憶装置31bは、例えば半導体メモリによって実現される。実施の形態1では、入力部31cは入力キーである。入力部31cは、入力キーに限定されない。

【0072】

図3における架台状態推定器15及び補正量決定器16A、並びに図4における架台状態推定器15、補正量決定器16B、位置変位補正器18及び速度変位補正器19に含まれるパラメータを変更する場合、ユーザは、入力部31cを用いて変更するパラメータの値を入力装置31に与える。プロセッサ31aは、変更対象のパラメータの値を入力部31cによって与えられた値に変更する。記憶装置31bは、異なる複数のパラメータを記憶することができる。プロセッサ31aは、記憶装置31bに記憶されたパラメータを読み出して、変更対象のパラメータの値を変更してもよい。

10

【0073】

第1の電動機2の駆動による第2の電動機3の制御性能の劣化の抑制効果を、実験により確認する。図6は、実施の形態1に係る実験で対象とする機械装置の第1の偏差抑制信号から第2の機械端相対変位までの周波数応答を示すボード線図である。第1の偏差抑制信号から第2の機械端相対変位までの周波数応答には、25Hz付近と90Hz付近とに共振がある。

20

【0074】

図7及び図8を用いて、実施の形態1に係る電動機制御装置を用いた場合と当該電動機制御装置を用いていない場合とについて位置決め運転をしたときの応答を比較した実験結果を説明する。図7は、第1の位置指令を示す図である。図8は、実施の形態1に係る電動機制御装置を用いた場合と当該電動機制御装置を用いていない場合とについて位置決め運転をしたときの応答を比較した実験結果を示す図である。

【0075】

図8は、第1の位置指令で第1の駆動体4を駆動させたときの第2の機械端相対変位を示している。図8の実線は実施の形態1に係る電動機制御装置により非干渉化を行わなかった場合の結果を示しており、図8の一点鎖線は実施の形態1に係る電動機制御装置により非干渉化を行った場合の結果を示している。図8には、実線には実施の形態1に係る電動機制御装置により非干渉化を行わなかったことを示す「本願技術の適用なし」という文言が付加されており、一点鎖線には実施の形態1に係る電動機制御装置により非干渉化を行ったことを示す「本願技術の適用あり」という文言が付加されている。本実験では、実験開始からおよそ50msまでの間は第1の位置指令はゼロであり、第1の電動機2及び第2の電動機3は静止している。実験の経過時間が約50msから約280msまでの間、第1の位置指令は徐々に大きくなり0.3mに達する。経過時間が約280msに達した以降、第1の位置指令は0.3mの定常値となる。第2の位置指令は、実験開始から実験終了までゼロである。

30

40

【0076】

図8から明らかのように、実施の形態1に係る電動機制御装置により非干渉化を行うことで、特に第1の電動機2の加減速中における第2の機械端相対変位の変位を抑制することができており、実施の形態1に係る電動機制御装置による非干渉化の効果が確認された。

【0077】

このように、実施の形態1に係る電動機制御装置は、二つの電動機のうちの一方の電動機の駆動による他の電動機の制御性能の劣化を抑制することが可能である。さらに、図3における架台状態推定器15及び補正量決定器16A、並びに図4における架台状態推定器15、位置変位補正器18、速度変位補正器19及び補正量決定器16Bである軸間の影響を非干渉化する補償器に含まれるパラメータは物理的な意味合いを有しているので、

50

実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、軸間の影響を非干渉化する補償器の特性を短時間で決定することができる。すなわち、実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、軸間の干渉を抑制することが可能であり、かつ、軸間の影響を非干渉化する補償器を短い時間で調整することができる。

【 0 0 7 8 】

なお、架台状態推定器 1 5 は、架台 1 の減衰比、架台 1 の減衰係数、架台 1 の固有角振動数、架台 1 のばね定数、及び、架台 1 の質量のうち少なくともいずれか一つに基づいて架台モデル位置を決定する。

【 0 0 7 9 】

補正量決定器 1 6 A は、第 2 の電動機 3 によって駆動される第 2 の駆動体 5 の質量、第 2 の駆動体 5 の慣性モーメント、第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の質量、第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の慣性モーメント、第 2 の制御器 1 3 の伝達特性、及び、架台 1 の二点の位置における振動の振幅比である架台振動振幅比のうち少なくともいずれか一つを基に変位補正信号を決定する。

10

【 0 0 8 0 】

第 1 の電動機 2 の可動子 2 b を駆動する力を表す信号である基準駆動力信号は、第 1 の電動機 2 の可動子 2 b の位置が第 1 の電動機 2 の位置を決定する第 1 の位置指令に基づく信号に追従するための理想的な駆動力である第 1 のモデル駆動力、第 1 の位置指令に基づく信号と第 1 の電動機位置信号との差分が小さくなるように第 1 の電動機 2 の可動子 2 b を駆動する信号である第 1 の偏差抑制信号、及び、第 1 のモデル駆動力と第 1 の偏差抑制信号とに基づいて算出された第 1 の電動機駆動信号のうちいずれか一つである。

20

【 0 0 8 1 】

実施の形態 2 .

図 9 は、実施の形態 2 に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示す図である。実施の形態 2 では、実施の形態 1 における第 1 の制御器 1 1 に第 1 のフィードフォワード補償をする第 1 のフィードフォワード補償器 2 1 が追加されており、実施の形態 1 における第 2 の制御器 1 3 に第 2 のフィードフォワード補償をする第 2 のフィードフォワード補償器 2 2 が追加されている。つまり、実施の形態 2 に係る電動機制御装置は、第 1 のフィードバック制御器 1 1 F と第 1 のフィードフォワード補償器 2 1 とを有する第 1 の制御器 1 1 と、第 2 のフィードバック制御器 1 3 F と第 2 のフィードフォワード補償器 2 2 とを有する第 2 の制御器 1 3 とを有する。演算器 2 3 も、追加されている。また、架台状態推定器 1 5 A は、第 1 のフィードフォワード補償器 2 1 の出力の一つである第 1 のモデル駆動力を基に架台モデル位置を推定する点で実施の形態 1 の架台状態推定器 1 5 と異なる。実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同一の部分に関しては、説明は省略される。

30

【 0 0 8 2 】

実施の形態 2 では、上述の通り、第 1 の制御器 1 1 は、第 1 のフィードフォワード補償器 2 1 と、第 1 のフィードバック制御器 1 1 F とを有する。第 1 のフィードフォワード補償器 2 1 は、第 1 の位置指令を基に、第 1 のモデル位置、第 1 のモデル速度、及び第 1 のモデル駆動力を演算して、演算結果を第 1 のフィードバック制御器 1 1 F に出力する。実施の形態 2 では、第 1 のモデル駆動力が基準駆動力信号である。基準駆動力信号は、第 1 のモデル駆動力に限定されず、第 1 のモデル駆動力と第 1 の偏差抑制信号との和である第 1 の電動機駆動信号であってもよい。

40

【 0 0 8 3 】

第 1 のモデル位置は、第 1 の位置指令と高周波成分を減衰させる低域通過濾波器 2 1 a とを基に決定される。低域通過濾波器 2 1 a の伝達特性は、 $C_{f1}(s)$ と表される。実施の形態 2 では、低域通過濾波器 2 1 a は 1 次のローパスフィルタである。低域通過濾波器 2 1 a は、ローパスフィルタに限定されない。第 1 のモデル速度は、第 1 のモデル位置と微分演算をする微分器 2 1 b とを基に決定される。第 1 のモデル駆動力は、第 1 のモデル速度を微分器 2 1 c で微分したものに、比例ゲイン 2 1 d を乗じたものである。比例ゲイン 2 1 d は、入力信号を m_1 倍する。 m_1 は、第 1 の駆動体 4 の質量と可動子 2 b の質

50

量との和である。

【 0 0 8 4 】

第 1 のフィードバック制御器 1 1 F は、第 1 のモデル位置と第 1 の電動機位置信号とを基に第 1 の偏差抑制信号を決定する。演算器 1 1 a 2 は、第 1 のモデル位置から第 1 の電動機位置信号を減算し、第 1 の位置偏差信号を出力する。演算器 1 1 d 2 は、第 1 のモデル速度と、第 1 の速度補正信号と、第 1 の電動機位置信号を微分したものを基に第 1 の速度偏差信号を出力する。

【 0 0 8 5 】

演算器 2 3 は、第 1 の偏差抑制信号と第 1 のモデル駆動力とを基に第 1 の電動機駆動信号を出力する。可動子 2 b は、第 1 の電動機駆動信号を基に駆動される。

10

【 0 0 8 6 】

第 2 の制御器 1 3 は、上述の通り、第 2 のフィードフォワード補償器 2 2 と、第 2 のフィードバック制御器 1 3 F とを有する。第 2 のフィードフォワード補償器 2 2 は、第 2 の位置指令を基に、第 2 のモデル位置、第 2 のモデル速度、及び第 2 のモデル駆動力を演算して、演算結果を第 2 のフィードバック制御器 1 3 F に出力する。第 2 のモデル位置は、第 2 の位置指令と高周波成分を減衰させる低域通過濾波器 2 2 a とを基に決定される。低域通過濾波器 2 2 a の伝達特性は、 $C_{f2}(s)$ と表される。実施の形態 2 では、低域通過濾波器 2 2 a は、1 次のローパスフィルタである。低域通過濾波器 2 2 a は、1 次のローパスフィルタに限定されない。

【 0 0 8 7 】

20

第 2 のモデル速度は、第 2 のモデル位置と微分演算をする微分器 2 2 b とを基に決定される。第 2 のモデル駆動力は、第 2 のモデル速度を微分器 2 2 c で微分したものに、比例ゲイン 2 2 d を乗じたものである。比例ゲイン 2 2 d は、入力信号を m_2 倍する。 m_2 は、第 2 の電動機 3 の可動子 3 b の質量と第 2 の駆動体 5 の質量との和である。

【 0 0 8 8 】

第 2 のフィードバック制御器 1 3 F は、第 2 のモデル位置と第 2 の電動機位置信号とを基に第 2 の偏差抑制信号を決定する。演算器 1 3 a 2 は、第 2 のモデル位置から第 2 の電動機位置信号を減算し、第 2 の位置偏差信号を出力する。演算器 1 3 d 2 は、第 2 のモデル速度と、第 2 の速度補正信号と、第 2 の電動機位置信号を微分したものを基に、第 2 の速度偏差信号を出力する。

30

【 0 0 8 9 】

実施の形態 2 における第 2 の制御器 1 3 の伝達特性は、第 2 の電動機位置信号から第 2 の偏差抑制信号までの伝達特性であって、式 (6) で表される。

【 0 0 9 0 】

演算器 1 7 A は、第 2 の偏差抑制信号と、第 2 のモデル駆動力と、変位補正信号とを基に、補正電動機駆動信号を出力する。可動子 3 b は、補正電動機駆動信号を基に駆動される。

【 0 0 9 1 】

なお、実施の形態 2 に係る電動機制御装置を含むシステムの構成を示す図は、図 9 に限定されず、図 9 を等価変換したものであってもよい。

40

【 0 0 9 2 】

このように、実施の形態 2 に係る電動機制御装置によれば、第 1 のモデル駆動力と架台状態推定器 1 5 A とを基に架台モデル位置を推定し、架台モデル位置と補正量決定器 1 6 A とを基に変位補正信号を決定することで、変位補正信号に検出器 1 2 に含まれるノイズの影響を含めなくするといった効果が得られる。

【 0 0 9 3 】

図 1 0 は、実施の形態 1 に係る電動機制御装置が有する第 1 の制御器 1 1、検出器 1 2、第 2 の制御器 1 3、検出器 1 4、架台状態推定器 1 5、補正量決定器 1 6 A 及び演算器 1 7 の少なくとも一部の機能がプロセッサ 9 1 によって実現される場合のプロセッサ 9 1 を示す図である。つまり、第 1 の制御器 1 1、検出器 1 2、第 2 の制御器 1 3、検出器 1

50

4、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能は、メモリ 92 に格納されるプログラムを実行するプロセッサ 91 によって実現されてもよい。プロセッサ 91 は、CPU (Central Processing Unit)、 処理システム、 演算システム、 マイクロプロセッサ、 又は DSP (Digital Signal Processor) である。図 10 には、メモリ 92 も示されている。

【0094】

第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能がプロセッサ 91 によって実現される場合、当該少なくとも一部の機能は、プロセッサ 91 と、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせとによって実現される。ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして記述され、メモリ 92 に格納される。プロセッサ 91 は、メモリ 92 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能を実現する。

10

【0095】

第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能がプロセッサ 91 によって実現される場合、実施の形態 1 に係る電動機制御装置は、第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 によって実行されるステップの少なくとも一部が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 92 を有する。メモリ 92 に格納されるプログラムは、第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 が実行する手順又は方法の少なくとも一部をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

20

【0096】

メモリ 92 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、 ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 等の不揮発性若しくは揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク又は DVD (Digital Versatile Disk) 等である。

30

【0097】

図 11 は、実施の形態 1 に係る電動機制御装置が有する第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能が処理回路 93 によって実現される場合の処理回路 93 を示す図である。つまり、第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の少なくとも一部の機能は、処理回路 93 によって実現されてもよい。

【0098】

処理回路 93 は、専用のハードウェアである。処理回路 93 は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化されたプロセッサ、並列プログラム化されたプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又はこれらを組み合わせたものである。

40

【0099】

第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の一部の機能は、電動機制御装置が有する第 1 の制御器 11、 検出器 12、 第 2 の制御器 13、 検出器 14、 架台状態推定器 15、 補正量決定器 16 A 及び演算器 17 の残部の機能を実現するハードウェアと別の専用のハードウェアによって実現されてもよい。

【0100】

50

第1の制御器11、検出器12、第2の制御器13、検出器14、架台状態推定器15、補正量決定器16A及び演算器17が有する複数の機能について、当該複数の機能の一部がソフトウェア又はファームウェアで実現され、当該複数の機能の残部が専用のハードウェアで実現されてもよい。このように、第1の制御器11、検出器12、第2の制御器13、検出器14、架台状態推定器15、補正量決定器16A及び演算器17が有する複数の機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって実現することができる。

【0101】

図4に示されている演算器11a、比例ゲイン出力器11b、微分器11c、演算器11d、第1の速度制御器11e、検出器12、演算器13a1、比例ゲイン出力器13b、微分器13c、演算器13d1、第2の速度制御器13e、検出器14、架台状態推定器15、補正量決定器16B、演算器17、位置変位補正器18、速度変位補正器19及び微分器20の少なくとも一部の機能は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサによって実現されてもよいし、処理回路によって実現されてもよい。メモリはメモリ92と同等のメモリであり、プロセッサはプロセッサ91と同等のプロセッサであり、処理回路は処理回路93と同等の処理回路である。

10

【0102】

図9に示されている第1の制御器11、検出器12、第2の制御器13、検出器14、架台状態推定器15A、補正量決定器16A及び演算器17Aの少なくとも一部の機能は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサによって実現されてもよいし、処理回路によって実現されてもよい。メモリはメモリ92と同等のメモリであり、プロセッサはプロセッサ91と同等のプロセッサであり、処理回路は処理回路93と同等の処理回路である。

20

【0103】

以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略又は変更することも可能である。

【符号の説明】

【0104】

1 架台、1a 架台側面、1b 架台上部、1c 架台下部、2 第1の電動機、2a、3a 固定子、2b、3b 可動子、3 第2の電動機、4 第1の駆動体、4a、5a 駆動部、4b、5b 作業具、5 第2の駆動体、6、7 作業対象物、8 レベリングブロック、11 第1の制御器、11a、11a2、11d、11d2、13a、13a1、13a2、13d、13d1、13d2、17、17A、23 演算器、11b、13b 比例ゲイン出力器、11c、13c、20、21b、21c、22b、22c 微分器、11e 第1の速度制御器、11F 第1のフィードバック制御器、12、14 検出器、13 第2の制御器、13e 第2の速度制御器、13F 第2のフィードバック制御器、15、15A 架台状態推定器、16A、16B 補正量決定器、18 位置変位補正器、19 速度変位補正器、21 第1のフィードフォワード補償器、21a、22a 低域通過フィルタ、21d、22d 比例ゲイン、22 第2のフィードフォワード補償器、31 入力装置、31a、91 プロセッサ、31b 記憶装置、31c 入力部、92 メモリ、93 処理回路、100 機械装置。

30

40

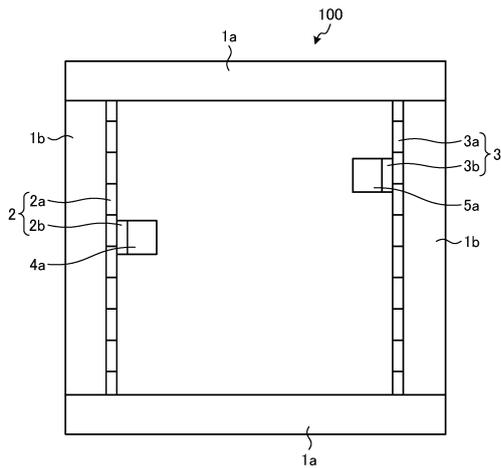
【要約】

電動機制御装置は、架台（１）に設置された第１の電動機（２）及び第２の電動機（３）と、第２の電動機（３）の可動子（３ｂ）の位置を指定する第２の位置指令に基づく信号と可動子（３ｂ）と第２の電動機（３）の固定子（３ａ）との相対位置を示す第２の電動機位置信号との差分が小さくなるように第２の電動機（３）を駆動する信号である第２の偏差抑制信号を決定する第２の制御器（１３）と、第１の電動機（２）の可動子（２ｂ）を駆動する力を表す信号である基準駆動力信号に基づいて、第１の電動機（２）の可動子（２ｂ）の駆動の反力により弾性変形する架台（１）の絶対位置の推定値である架台モデル位置を決定する架台状態推定器（１５）と、架台モデル位置を基に変位補正信号を決定する補正量決定器（１６Ａ）と、変位補正信号と第２の偏差抑制信号とを基に第２の電動機（３）を駆動する補正電動機駆動信号を決定する演算器（１７）とを有する。

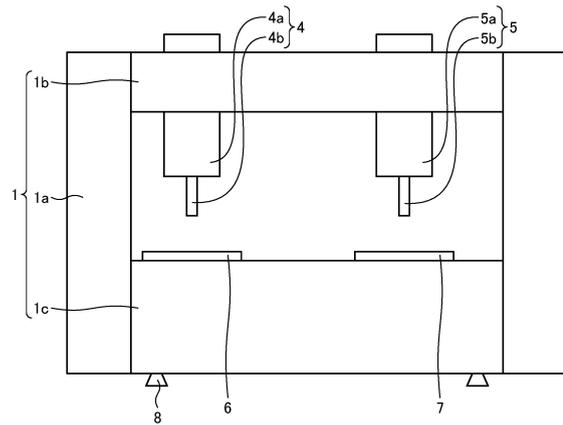
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



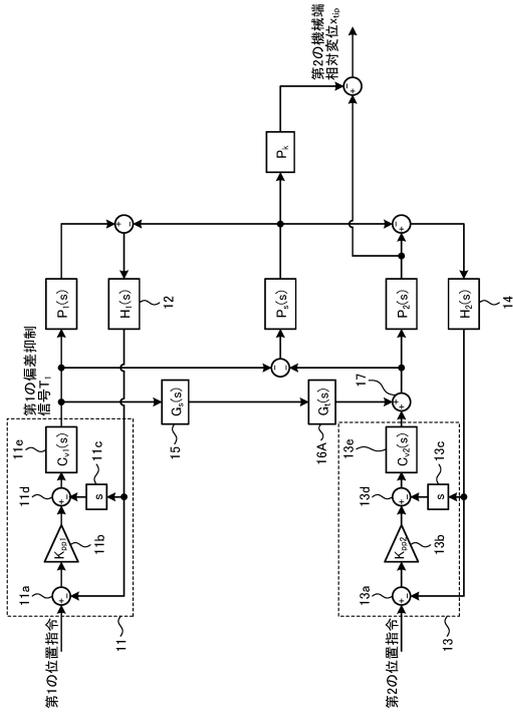
20

30

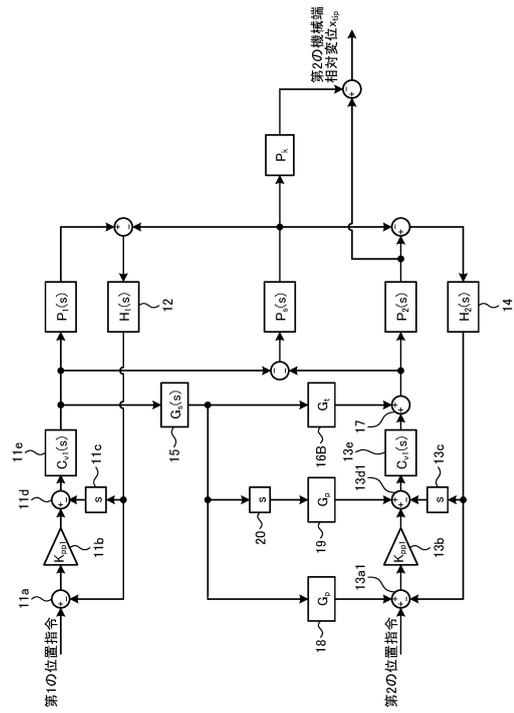
40

50

【図3】



【図4】



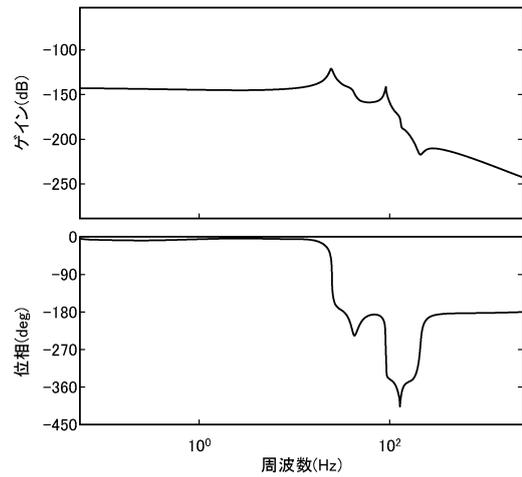
10

20

【図5】



【図6】

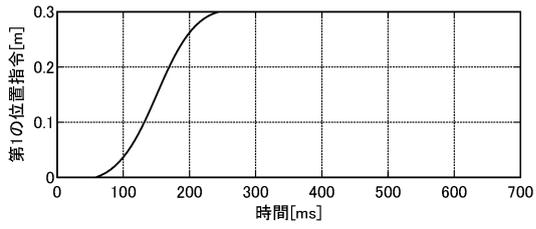


30

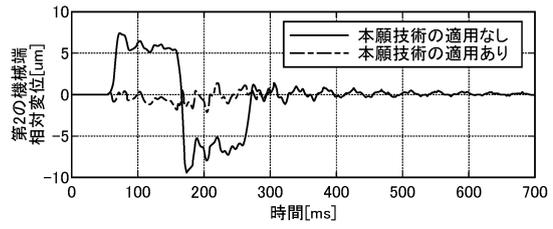
40

50

【図 7】

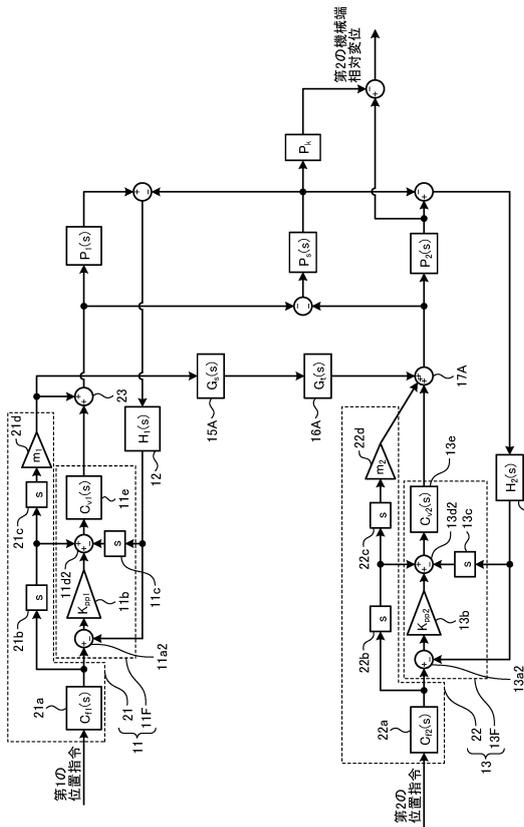


【図 8】

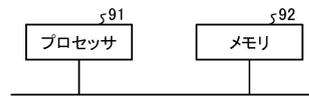


10

【図 9】



【図 10】



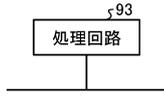
20

30

40

50

【 図 1 1 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2021/176617(WO,A1)
特許第6786024(JP,B1)
国際公開第2016/125804(WO,A1)
特開2012-52666(JP,A)
特開2010-41734(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02P 6/04
H02P 5/00