

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6837771号
(P6837771)

(45) 発行日 令和3年3月3日 (2021. 3. 3)

(24) 登録日 令和3年2月15日 (2021. 2. 15)

(51) Int. Cl.

G 0 1 M 13/02 (2019.01)

F I

G 0 1 M 13/02

請求項の数 2 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2016-150318 (P2016-150318)	(73) 特許権者	000149066
(22) 出願日	平成28年7月29日 (2016. 7. 29)		オークマ株式会社
(65) 公開番号	特開2018-17689 (P2018-17689A)		愛知県丹羽郡大口町下小口五丁目2 5 番地の1
(43) 公開日	平成30年2月1日 (2018. 2. 1)	(74) 代理人	100078721
審査請求日	平成31年4月26日 (2019. 4. 26)		弁理士 石田 喜樹
		(74) 代理人	100121142
			弁理士 上田 恭一
		(72) 発明者	鈴木 陽介
			愛知県丹羽郡大口町下小口5 丁目2 5 番地の1 オークマ株式会社内
		(72) 発明者	北郷 匠
			愛知県丹羽郡大口町下小口5 丁目2 5 番地の1 オークマ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送り軸の異常判定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の位置及び速度にもとづくフィードバック制御によりモータの動作を制御するフィードバック制御系を備えた工作機械の送り軸において、前記工作機械の周波数特性演算手段が、前記フィードバック制御に用いる前記フィードバック制御系の速度に関する応答の周波数特性を測定しており、前記工作機械の異常判定手段が、前記送り軸の正常状態とした前記フィードバック制御系の速度に関する応答の周波数特性の基準値と測定時の前記応答の周波数特性との差分を算出し、当該差分と所定のしきい値とを比較照合することにより、前記送り軸の異常を判定することを特徴とする送り軸の異常判定方法。

【請求項 2】

前記周波数特性演算手段が、特定の周波数に対する応答性と送り軸の軸位置とを関連付けて取得しており、前記異常判定手段が、前記軸位置に関連した応答性の正常状態とする基準値と測定時の応答性とのゲインの差を求めることにより、前記送り軸の異常を判定することを特徴とする請求項 1 に記載の送り軸の異常判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、たとえばボールねじ等の送り軸の回転により移動体をねじ送りして特定位置へ位置決めするねじ送り装置において、送り軸の異常を判定する方法に関する。

【背景技術】

10

20

【 0 0 0 2 】

工作機械の稼働における安定した生産体制を実現させるためには、前記機械の異常を検知し、機械の状態を管理者に知らせて事故や不良を未然に防ぐといったことが必要とされ、これまで多くの機械の異常判定方法が提案されている。

送り軸に構成されるボールねじおよびサポート軸受において、特許文献 1 では、損傷による軸受の回転や摺動を阻害する物理量信号を検知する手段を用いて、この検出結果にエンベロープ分析および周波数分析を行って実測データの周波数スペクトルのレベルを抽出し、その周波数スペクトルごとに設定されたしきい値とそれぞれ比較照合し、異常の有無および異常部位を診断する提案がなされている。特許文献 2 ではボールねじにおいて前記経年劣化によるリターンチューブの振動を物理量信号にて検知する手段によって、検出値から異常判定手段を用いて異常を検知する提案がなされている。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 9 - 2 0 0 9 0 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 1 - 3 4 9 4 0 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献 1、特許文献 2 に係わる送り軸の異常検知方法においては、機械の各軸に追加センサーを設けるコストを必要としており、多軸を有する工作機械においては機械全体のコストが大きくなってしまふ。

20

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記提案を鑑みなされたもので、センサーを追加することなく、工作機械の送り軸の異常を判定することができる送り軸の異常判定方法を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するために、本発明のうち請求項 1 に記載の発明は、移動体の位置及び速度にもとづくフィードバック制御によりモータの動作を制御するフィードバック制御系を備えた工作機械の送り軸において、前記工作機械の周波数特性演算手段が、前記フィードバック制御に用いる前記フィードバック制御系の速度に関する応答の周波数特性を測定しており、前記工作機械の異常判定手段が、前記送り軸の正常状態とした前記フィードバック制御系の速度に関する応答の周波数特性の基準値と測定時の前記応答の周波数特性との差分を算出し、当該差分と所定のしきい値とを比較照合することにより、前記送り軸の異常を判定することを特徴とする。

30

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記周波数特性演算手段が、特定の周波数に対する応答性と送り軸の軸位置とを関連付けて取得しており、前記異常判定手段が、前記軸位置に関連した応答性の正常状態とする基準値と測定時の応答性とのゲインの差を求めることにより、前記送り軸の異常を判定することを特徴とする。

【 発明の効果 】

40

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、センサーを追加する必要がないために低コストで、送り軸の異常か否かの判定ができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 送り軸と位置制御装置のブロック図である。

【 図 2 】 摩耗量とゲイン特性の関係図である。

【 図 3 】 第 1 の実施形態における異常判定方法の手順である。

【 図 4 】 第 2 の実施形態における異常判定方法の手順である。

【 図 5 】 周波数特性の例である。

50

【図 6】特定位置におけるボールねじ・軸受の摩耗判定の例である。

【図 7】送り軸位置に関する応答性によるボールねじ・軸受の摩耗判定の例である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態について説明する。

【0010】

図 1 は、本発明を適用する工作機械の送り軸の位置制御装置のブロック図の一例である。位置指令 7 と位置検出器 15 からの現在位置が加算器 8 に入力され、演算された位置偏差が位置制御器 9 に入力される。位置制御器 9 は前記位置偏差に応じた速度指令値を生成する。速度制御器 12 は前記速度指令値と現在位置を微分器 13 により演算された速度検出値が加算器 11 に入力され演算された速度偏差に応じてトルク指令値を生成する。電流制御器 14 は、入力されるトルク指令に基づき電流を制御する。電流制御器 14 にてトルク指令値に応じた電流をモータ 16 に出力し、モータ 16 はトルクを出力する。モータ 16 から出力されるトルクは継手 17 を介してボールねじ 20 に伝達され、ボールねじ 20 のナットが移動する。位置検出器 15 はモータ 16 の回転に同期されており、検出した位置をフィードバックしていることにより所定の位置へ制御するクローズド制御がなされている。ボールねじ 20 のネジ軸はブラケット 18 に組み付けられたサポート軸受 19 によって支持されており、ボールねじ 20 には予張力が掛けられている。

【0011】

周波数特性を計測する場合、スweep信号生成手段 2 から生成されたスweep信号が前記速度指令値に加算器 10 で加算される。位置検出器 15 で検出された現在位置をはじめ、制御中の処理内で使用された情報は、上位コントローラ 1 で記録、表示が可能である。

【0012】

次に送り軸の周波数特性によるボールねじ・サポート軸受の摩耗状態の判定方法について述べる。ボールねじやサポート軸受の摩耗によって送り軸の周波数特性に図 2 のような差が生じる。この関係は機械によって異なるため、予め機械毎に摩耗量と周波数特性の関係を実験的に求めておく必要がある。

【0013】

前記ブロック図の一例では応答を前記速度検出値と、入力を速度偏差とするオープンループ周波数特性と入力を速度指令値としたクローズドループ周波数特性が取得できる。本発明では前者オープンループ制御系の周波数特性を送り軸の異常判定方法に用いる一例として述べるが、これに限ることではない。

【0014】

第 1 の実施形態の異常判定方法について述べる。図 3 には異常判定を行う手順について示している。制御部 3 から送られてきた速度指令値と速度偏差から周波数特性演算手段 5 にて所定の位置における周波数特性 G_1 が算出される。特定の軸位置における周波数系列を軸にとった周波数特性のゲイン特性は図 5 のようになる。適切な予圧が掛かっている初期の状態 25 における周波数特性 G_0 に比べ、サポート軸受の転走面が摩耗して予圧が減少した状態 26 の周波数特性 G_1 は、10 ~ 20 Hz においてゲイン特性の値が増加する。そのため、予め当該部品の初期状態時の周波数特性（測定データ）を記憶している初期状態記憶部 22 から送られてくる測定データ G_0 と取得した測定データ G_1 の差分を演算するゲイン特性変化量演算部 21 にてゲイン特性変化量 G が算出されると図 6 のようになる。異常判定部 23 にて設定されているしきい値 G_{th} と比較照合することによって、軸受の摩耗した状態を異常と判定することができる。その結果を判定結果記憶部 24 に送り、上位コントローラに記憶・表示される。

【0015】

第 2 の実施形態の異常判定方法について述べる。図 4 には異常判定を行う手順について示している。周波数特性演算手段 5 では特定の周波数のみで加振された速度指令値と速度偏差によって得られた応答は検出器から送られてくる送り軸の位置 X に関連付けられる。軸の位置 X に関する応答性 $G_1(X)$ は所定の軸範囲内で、一定速度で送り軸の移動体を

10

20

30

40

50

移動させながら測定し、前記範囲内の応答性 $G_1(X)$ が算出される。予め当該部品の初期状態時の軸の位置 X に関する応答性 $G_0(X)$ が記憶されている初期状態記憶部 22 からゲイン特性変化量演算部 21 に送られ、測定した応答性 $G_1(X)$ との差分をとることにより、軸の位置 X におけるゲイン特性変化量 $G(X)$ が算出される。これを異常判定部 23 にて設定されているしきい値 $G_{th}(X)$ と比較照合され、比較して大きい場合は異常の判定、小さい場合は正常の判定とされ、その結果を判定結果記憶部 24 に送り、上位コントローラに記憶・表示される。

【0016】

判定結果記録部 24 に記録されている判定結果は上位コントローラにて判定結果のみを表示させることに限られる必要はなく、初期状態の演算データ $G_0(X)$ 、ゲイン特性変化量 $G(X)$ 、しきい値 $G_{th}(X)$ を必要に応じて周波数系列または軸位置系列データとともに判定結果を表示・警告してもよい。

10

【0017】

送り軸の位置 X に関する応答性 $G(X)$ の取得には一定速度で移動する送り軸に対して行われるため、離散フーリエ変換による算出する場合には、加振するスイープ波形の少なくとも 1 周期分の時間信号を必要とされる。そのため、軸の位置それぞれの応答性はある 1 周期分の移動量で区分される区間毎に計算される。ただし、1 周期の移動量に分ける必要はなく 1 周期以上の移動量毎に測定点を設け、その平均化処理やさいだいピークホールドにより求めてもよい。並びに、1 周期毎の移動量に合わせた応答性を前記移動量の区間前後の応答性と平均化処理した値をその測定点の応答性としてもよい。

20

【0018】

これにより、前記測定区間毎の摩耗の異常判定が可能となる。図 7(A) はある一部の軸位置範囲 21 の応答性における初期状態との差が増加している場合と図 7(B) には軸位置全域において応答性の増加が見られる場合について示している。前者の場合はある範囲の部分のみ摩耗が見られるため、ボールねじにおけるねじ溝の一部範囲のみ摩耗している状態 22 である。後者ではサポート軸受の摩耗、またはボールねじにおけるナットのねじ溝の摩耗がしている状態 23 が危惧される。

【0019】

これらのような異常判定が表れた場合、工作機械の管理者がボールねじやサポート軸受が摩耗したことを判断できることにより、また、異常判定された当該軸の範囲以外での動作させることで、加工不良等を少なくすることができる。また定期的にこれらの計測を繰り返すことで、摩耗判定とされる前に当該部品を用意するなどして部品交換にかかる長期間の工作機械の停止を避けることができ、安定した生産体制の運用を実現できる。

30

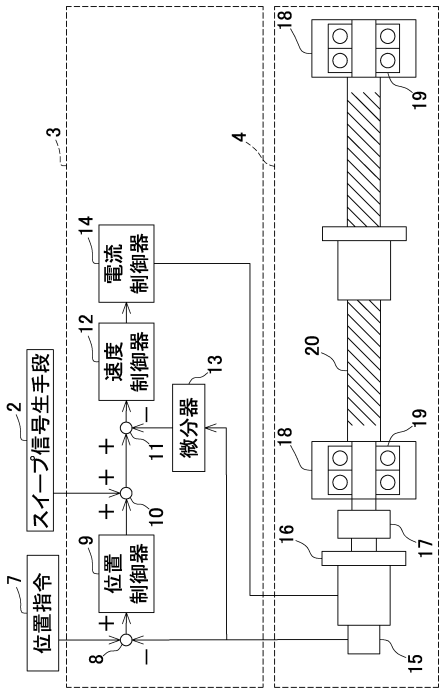
【符号の説明】

【0020】

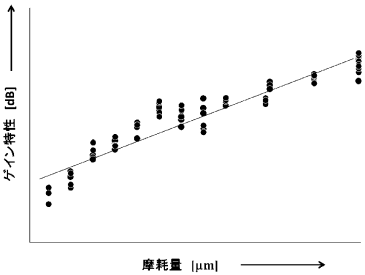
1・・・上位コントローラ、2・・・スイープ信号生成手段、3・・・制御部、4・・・アクチュエータ、5・・・伝達関数または周波数特性演算手段、6・・・異常判定手段、7・・・位置指令、8・・・加算器、9・・・位置制御器、10・・・加算器、11・・・加算器、12・・・速度制御器、13・・・微分器、14・・・電流制御器、15・・・位置検出器、16・・・モータ、17・・・継手、18・・・ブラケット、19・・・サポート軸受、20・・・ボールねじ、21・・・ゲイン特性変化量演算部、22・・・初期状態記録部、23・・・異常判定部、24・・・判定結果記録部、25・・・適切な予圧が掛かっている初期の状態、26・・・サポート軸受が摩耗している状態、27・・・送り軸の軸上の摩耗の異常判定される範囲、28・・・ボールねじのネジ軸の一部範囲が摩耗している状態、29・・・サポート軸受の摩耗やボールねじのナットもしくは玉が摩耗している状態。

40

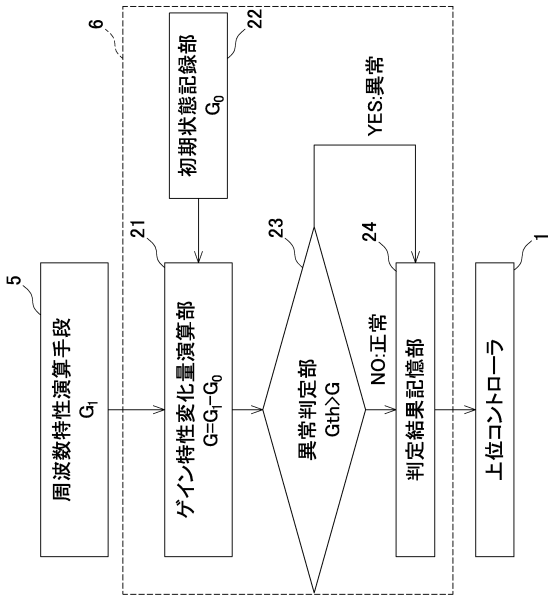
【図 1】



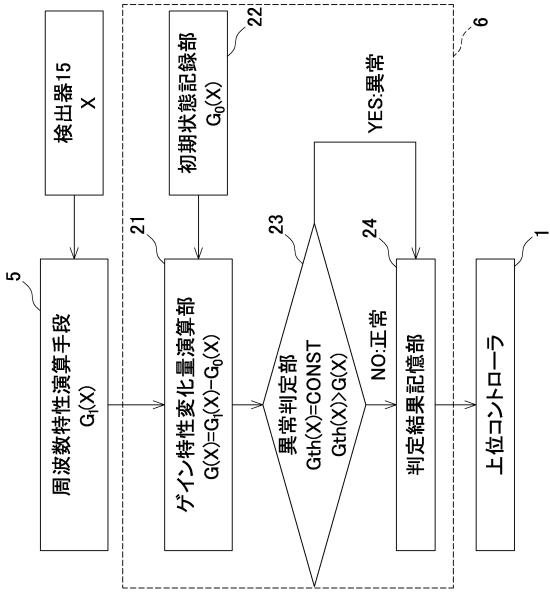
【図 2】



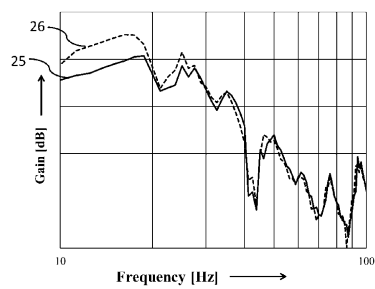
【図 3】



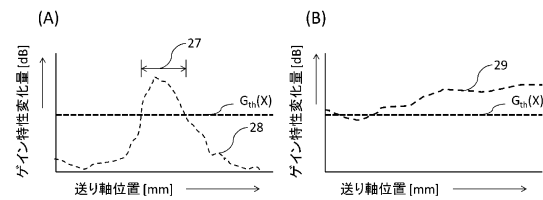
【図 4】



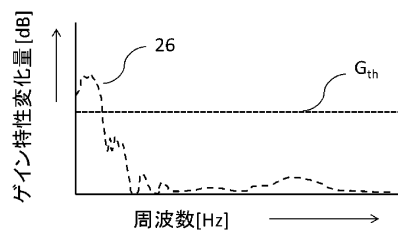
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 川瀬 正巳

(56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 2 5 7 2 5 3 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 6 4 3 8 6 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 5 4 2 7 4 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 2 3 0 1 8 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 5 0 2 8 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 M 1 3 / 0 2
G 0 1 M 9 9 / 0 0