(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2017-192212
(P2017-192212A)
(43)公開日　**平成29年10月19日(2017.10.19)**

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02P 23/04	***(2006.01)***	H02P	23/04		3C269
G05B 19/19	***(2006.01)***	G05B	19/19	P	5H004
G05B 13/02	***(2006.01)***	G05B	13/02	A	5H505

審査請求 有　請求項の数 2　OL　（全 8 頁）

(21)出願番号　特願2016-80380(P2016-80380)
(22)出願日　平成28年4月13日(2016.4.13)

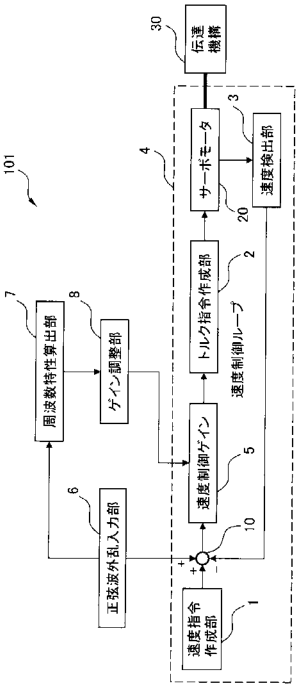
(71)出願人　390008235
ファナック株式会社
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100114018
弁理士　南山　知広
(74)代理人　100151459
弁理士　中村　健一
(72)発明者　飯島　一憲
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地　ファナック株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】制御系を自律的に安定化して自動調整を行う機能を有するサーボ制御装置

(57)【要約】
【課題】本発明は制御系のオンライン自動調整において不安定化時に自律的に安定化を行い調整シーケンスを最後まで実施するサーボ制御装置を提供することを目的とする。
【解決手段】本発明に係るサーボ制御装置は、速度指令作成部（１）と、トルク指令作成部（２）と、速度検出部（３）と、速度制御ループ（４）と、速度制御ループの速度制御ゲインを設定する速度制御ゲイン設定部（５）と、速度制御ループへの正弦波掃引を行う正弦波外乱入力部（６）と、周波数特性算出部（７）と、ゲイン調整部（８）と、を具備し、速度制御ゲインを向上させることによって速度制御ループが発振状態に陥って不安定化した際には速度制御ゲインを低減して正弦波掃引を一時停止し、不安定化時よりも低い速度制御ゲインを用いて速度制御ループを安定化させて正弦波掃引を再開することを特徴とする。
【選択図】図２

図2



【特許請求の範囲】
【請求項１】
サーボモータで駆動される送り軸を有する工作機械のサーボ制御装置であって、
サーボモータの速度指令値を作成する速度指令作成部と、
サーボモータのトルク指令値を作成するトルク指令作成部と、
サーボモータの速度を検出する速度検出部と、
前記速度指令作成部、前記トルク指令作成部、及び前記速度検出部を含む速度制御ループと、
前記速度制御ループの制御ゲインである速度制御ゲインを設定する速度制御ゲイン設定部と、
前記速度制御ループへの正弦波掃引を行う正弦波外乱入力部と、
正弦波を前記速度制御ループへ入力したときの速度制御ループの出力から、速度制御ループ入出力信号の利得と位相を推定するための周波数特性算出部と、
前記速度制御ゲインをオンラインで調整するゲイン調整部と、を具備し、
前記速度制御ゲインを向上させることによって前記速度制御ループが発振状態に陥って不安定化した際には速度制御ゲインを低減して正弦波掃引を一時停止し、不安定化時よりも低い速度制御ゲインを用いて前記速度制御ループを安定化させて正弦波掃引を再開する、
ことを特徴とするサーボ制御装置。
【請求項２】
前記速度制御ループが不安定化した場合には、前記速度制御ループが安定化するまで速度制御ゲインの変更及び正弦波掃引を繰返し、前記速度制御ループが安定化した後に前記速度制御ループの周波数特性の計測を再開する、請求項１に記載のサーボ制御装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、サーボ制御装置に関し、特に、制御系を自律的に安定化して自動調整を行う機能を有するサーボ制御装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
サーボ制御装置の制御系の周波数特性の測定にかかわる装置や手法は数多く提案され、工作機械の送り軸における伝達特性の計測においても広く活用されている。また、制御ゲインを自動で調整する方法も知られている。
【０００３】
また、サーボ制御装置の制御系に掃引正弦波を外乱として与えてゲインを調整する技術が知られている（例えば、特許文献１）。図１に従来の電動機制御装置の構成図を示す。図１において、電動機制御装置１０００は、電動機１００１と、検出部１００２と、制御部１００３と、機械１００４と、外乱信号発生部１００５と、補償駆動力検出部１００６と、振動算出部１００７と、発振検出部１００８と、振動記憶部１００９と、開ループ模擬ゲイン演算部１０１０と、を有する。特許文献１には、外乱信号発生部１００５が、制御部１００３から出力された駆動力に掃引正弦波の外乱信号を加える点が開示されている。
【０００４】
しかしながら、従来技術においては、制御系のオンライン自動調整において不安定な状態となった場合に自律的に対処することができないという問題があった。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】再表２００９／１９９５３号公報
【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明は、制御系のオンライン自動調整において不安定化時に自律的に安定化を行いながら調整シーケンスを最後まで実施することが可能なサーボ制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の一実施例に係るサーボ制御装置は、サーボモータで駆動される送り軸を有する工作機械のサーボ制御装置であって、サーボモータの速度指令値を作成する速度指令作成部と、サーボモータのトルク指令値を作成するトルク指令作成部と、サーボモータの速度を検出する速度検出部と、速度指令作成部、トルク指令作成部、及び速度検出部を含む速度制御ループと、速度制御ループの制御ゲインである速度制御ゲインを設定する速度制御ゲイン設定部と、速度制御ループへの正弦波掃引を行う正弦波外乱入力部と、正弦波を速度制御ループへ入力したときの速度制御ループの出力から、速度制御ループ入出力信号の利得と位相を推定するための周波数特性算出部と、速度制御ゲインをオンラインで調整するゲイン調整部と、を具備し、速度制御ゲインを向上させることによって速度制御ループが発振状態に陥って不安定化した際には速度制御ゲインを低減して正弦波掃引を一時停止し、不安定化時よりも低い速度制御ゲインを用いて速度制御ループを安定化させて正弦波掃引を再開する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

本発明の一実施例に係るサーボ制御装置によれば、制御系のオンライン自動調整において不安定化時に自律的に安定化を行いながら調整シーケンスを最後まで実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】従来の電動機制御装置の構成を示すブロック図である。

【図２】本発明の実施例に係るサーボ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図３】本発明の実施例に係るサーボ制御装置の動作手順を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下、図面を参照して、本発明の実施例に係るサーボ制御装置について説明する。図２は本発明の実施例に係るサーボ制御装置の構成を示すブロック図である。本発明の実施例に係るサーボ制御装置１０１は、サーボモータ２０で駆動される送り軸を有する工作機械のサーボ制御装置であって、速度指令作成部１と、トルク指令作成部２と、速度検出部３と、速度制御ループ４と、速度制御ゲイン設定部５と、正弦波外乱入力部６と、周波数特性算出部７と、ゲイン調整部８と、を有する。本発明の実施例に係るサーボ制御装置１０１は、速度制御ゲインを向上させることによって速度制御ループ４が発振状態に陥って不安定化した際には速度制御ゲインを低減して正弦波掃引を一時停止し、不安定化時よりも低い速度制御ゲインを用いて速度制御ループ４を安定化させて正弦波掃引を再開することを特徴とする。速度制御ゲインを低減させる方法として、例えば、速度制御ゲインを指定したゲイン余裕または位相余裕の範囲内における最低値に変更するようにしてもよい。

【００１１】

速度指令作成部１は、サーボモータ２０の速度指令値を作成する。速度指令作成部１が作成した速度指令値は加算器１０へ出力される。加算器１０は、正弦波外乱入力部６から入力された正弦波外乱を速度指令値に加算すると共に、速度検出部３が検出したサーボモータ２０の速度検出値を減算し、計算結果を速度制御ゲイン設定部５へ出力する。

【００１２】

トルク指令作成部２は、サーボモータ２０のトルク指令値を作成する。具体的には、ト

ルク指令作成部２は、加算器１０の計算結果に速度制御ゲインを乗算した値を取得し、トルク指令を出力しサーボモータ２０を駆動する。サーボモータ２０は伝達機構３０を介して駆動体（図示せず）を動作させる。

【００１３】

速度検出部３は、サーボモータ２０の速度を検出する。サーボモータ２０の速度は、例えば、サーボモータ２０にエンコーダを設けることにより検出することができるが、これには限られない。

【００１４】

速度制御ループ４は、速度指令作成部１、トルク指令作成部２、及び速度検出部３を含むように構成されている。速度制御ゲイン設定部５は、加算器１０によって計算された、正弦波外乱入力部６から入力された正弦波外乱及び速度指令値を加算した値から、速度検出部３が検出したサーボモータ２０の速度検出値を減算した計算結果に対して、ゲイン調整部８によって調整された速度制御ゲインを設定する。

【００１５】

正弦波外乱入力部６は、速度制御ループ４への正弦波掃引を行う。具体的には、正弦波外乱入力部６は、加算器１０に対して正弦波外乱を入力する。

【００１６】

周波数特性算出部７は、正弦波を速度制御ループ４へ入力したときの速度制御ループ４の出力から、速度制御ループ入出力信号の利得と位相を推定する。さらに、周波数特性算出部７は、正弦波外乱入力部６からの外乱入力周波数を基本周波数とした、任意の項数からなるフーリエ級数によって速度制御ループ４の出力を表現し、そのフーリエ級数の基本波成分の振幅と位相を算出することで周波数特性をオンラインで算出する。

【００１７】

ゲイン調整部８は、速度制御ゲインをオンラインで調整する。ゲイン調整部８は、目標とする所望の評価関数値と実際の掃引に対する評価関数値との差に基づいて速度制御ゲインの調整量を決定することが好ましい。

【００１８】

サーボ制御装置１０１は、速度制御ゲインを向上させることによって速度制御ループ４が発振状態に陥って不安定化した際には、速度制御ゲインを低減して正弦波掃引を一時停止する。その後、サーボ制御装置１０１は、不安定化時よりも低い速度制御ゲインを用いて速度制御ループ４を安定化させて正弦波掃引を再開する。このように、本発明の実施例に係るサーボ制御装置は、オンライン自動調整の実行中に制御系が不安定化した場合に、制御ゲインを一時的に大幅に小さくして制御系を安定化する点を特徴としている。このような構成とすることにより、原理的に調整シーケンスを最後まで実施することができる。さらに、大きな発振が生じた場合でも、ただちにシーケンスを一時停止し、再開するため、オペレータにとっては制御系が不安定化したということすらも意識しなくてよく、安全かつ安心な自動調整を実現できる。

【００１９】

次に、本発明の実施例に係るサーボ制御装置の動作手順について、図３に示したフローチャートを用いて説明する。まず、ステップＳ１０１において、正弦波外乱入力部６が、入力周波数を初期化する。次に、ステップＳ１０２において、正弦波外乱入力部６が、入力周波数を更新する。次に、ステップＳ１０３において、正弦波外乱入力部６が、正弦波外乱を速度制御ループ４へ入力する。

【００２０】

次に、ステップＳ１０４において、速度検出部３がサーボモータ２０の速度を検出する。次に、ステップＳ１０５において、トルク指令作成部２が、速度指令値、速度検出値、及び速度制御ゲインからトルク指令値を作成する。

【００２１】

次に、ステップＳ１０６において、ゲイン調整部８が速度制御ループ４の不安定化を検出したか否かを判断する。具体的には、速度制御ゲインを向上させることによって速度制

御ループ４が発振状態に陥った場合に、ゲイン調整部８は速度制御ループ４が不安定化したと判断する。

【００２２】

ステップＳ１０６において、ゲイン調整部８が速度制御ループ４の不安定化を検出した場合は、ステップＳ１０７において、ゲイン調整部８が速度制御ゲインを許容可能な範囲で低減する。速度制御ゲインを許容可能な範囲で低減させる方法として、例えば、速度制御ゲインを許容可能な最低値に変更するようにしてもよい。

【００２３】

次に、ステップＳ１０８において、正弦波外乱入力部６が正弦波掃引を停止する。即ち、正弦波外乱入力部６が速度制御ループ４への正弦波外乱の入力を停止する。次に、ステップＳ１０９において、ゲイン調整部８が、ゲイン調整のための周波数特性の計測を一時停止する。

【００２４】

次に、ステップＳ１１０において、ゲイン調整部８が、十分な時間経過後に周波数特性の計測を再開する。次に、ステップＳ１１１において、ゲイン調整部８が速度制御ゲインを調整する。即ち、速度制御ループ４が不安定化したときよりも低い速度制御ゲインを用いることにより速度制御ループ４を安定化させて正弦波掃引を再開する。その後、ステップＳ１０１に戻り、ステップＳ１０１～Ｓ１０６の各ステップを再度実行する。

【００２５】

一方、ステップＳ１０６において、ゲイン調整部８が速度制御ループ４の不安定化を検出しなかった場合は、ステップＳ１１２において、周波数特性算出部７が当該周波数での周波数特性を算出する。

【００２６】

次に、ステップＳ１１３において、正弦波外乱入力部６が、正弦波外乱の入力周波数が最大値に到達したか否かを判断する。

【００２７】

ステップＳ１１３において、正弦波外乱入力部６が、正弦波外乱の入力周波数が最大値に到達したと判断した場合は、ステップＳ１０１に戻り、ステップＳ１０１～Ｓ１１３の各ステップを再度実行する。

【００２８】

一方、ステップＳ１１３において、正弦波外乱入力部６が、正弦波外乱の入力周波数が最大値に到達していないと判断した場合は、ステップＳ１１４において、ゲイン調整部８が速度制御ゲインを調整する。

【００２９】

次に、ステップＳ１１５において、ゲイン調整部８が、安定な速度制御ゲインに到達したか否かを判断する。

【００３０】

ステップＳ１１５において、ゲイン調整部８が、安定な速度制御ゲインに到達したと判断した場合は、一連の処理を終了する。一方、ステップＳ１１５において、ゲイン調整部８が、安定な速度制御ゲインに到達していないと判断した場合は、ステップＳ１０１に戻り、ステップＳ１０１～Ｓ１１５の各ステップを再度実行する。

【００３１】

以上のようにして、サーボ制御装置１０１は、速度制御ループ４が不安定化した場合には、速度制御ループ４が安定化するまで速度制御ゲインの変更及び正弦波掃引を繰返し、速度制御ループ４が安定化した後に速度制御ループ４の周波数特性の計測を再開する。

【００３２】

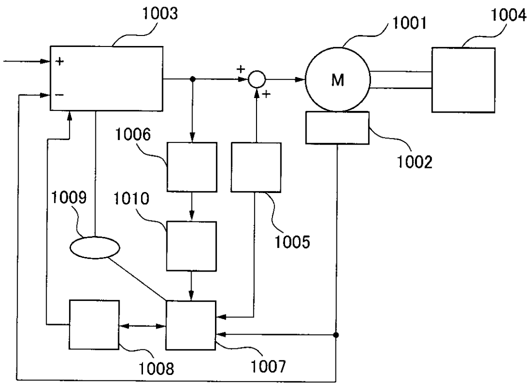
以上説明したように、本発明の実施例に係るサーボ制御装置によれば、オンライン自動調整の実行中に制御系が不安定化した場合に、制御ゲインを一時的に大幅に小さくして制御系を安定化することができる。

【符号の説明】

【００３３】
１　　速度指令作成部
２　　トルク指令作成部
３　　速度検出部
４　　速度制御ループ
５　　速度制御ゲイン設定部
６　　正弦波外乱入力部
７　　周波数特性算出部
８　　ゲイン調整部
１０　　加算器
２０　　サーボモータ
３０　　伝達機構

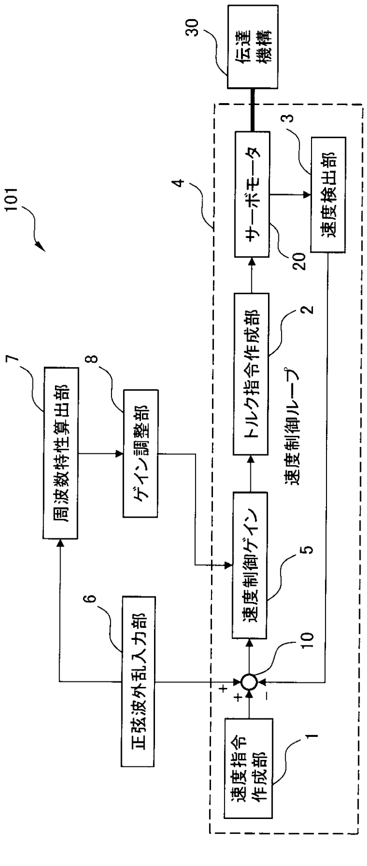
【図１】

図1



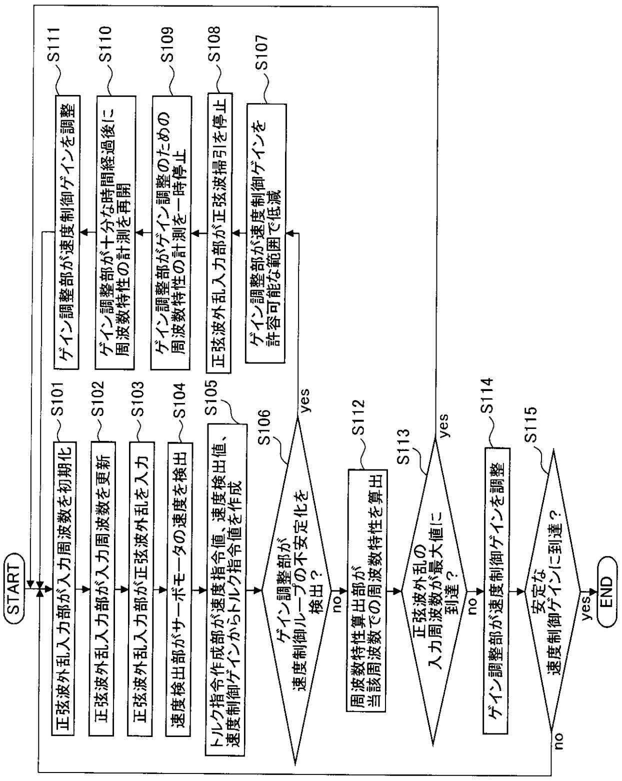
【図２】

図2



【図３】

図3


START
S101
正弦波外乱入力部が入力周波数を初期化
S102
正弦波外乱入力部が入力周波数を更新
S103
正弦波外乱入力部が正弦波外乱を入力
S104
速度検出部がサーボモータの速度を検出
S105
トルク指令作成部が速度指令値、速度検出値、速度制御ゲインからトルク指令値を作成
S106
ゲイン調整部が速度制御ループの不安定化を検出？
yes
no
S107
ゲイン調整部が速度制御ゲインを許容可能な範囲で低減
S108
正弦波外乱入力部が正弦波掃引を停止
S109
ゲイン調整部がゲイン調整のための周波数特性の計測を一時停止
S110
ゲイン調整部が十分な時間経過後に周波数特性の計測を再開
S111
ゲイン調整部が速度制御ゲインを調整
S112
周波数特性算出部が当該周波数での周波数特性を算出
S113
正弦波外乱の入力周波数が最大値に到達？
yes
no
S114
ゲイン調整部が速度制御ゲインを調整
S115
安定な速度制御ゲインに到達？
yes
no
END

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 3C269 AB01 BB12 GG01
5H004 GA29 GB15 HA08 HB08 KB01 KC55
5H505 BB10 EE21 GG02 GG08 JJ04 LL14 LL22