

(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2010-161853

(P2010-161853A)

(43) 公開日 平成22年7月22日(2010.7.22)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H02P 29/00 (2006.01) H02P 5/00 K 5H501
 H02P 5/00 X

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2009-1440(P2009-1440)
 (22) 出願日 平成21年1月7日(2009.1.7)

(71) 出願人 000006622
 株式会社安川電機
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 (72) 発明者 大田 清太郎
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 株式会社安川電機内
 Fターム(参考) 5H501 AA22 BB05 DD01 EE05 GG03
 JJ02 JJ04 LL01

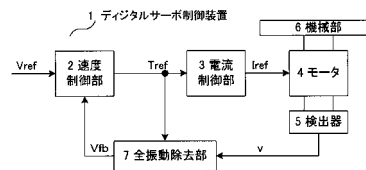
(54) 【発明の名称】 デジタルサーボ制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 モータが駆動する機構の影響により発生する振動を抑制することができるデジタルサーボ制御装置を提供する。

【解決手段】 速度指令 V_{ref} と算出モータ速度 V_{fb} とを入力しモータ速度 V を速度指令 V_{ref} に追従させるようにトルク指令 T_{ref} を算出して出力する速度制御部 2 と、トルク指令 T_{ref} に基づく電流指令 I_{ref} を算出して電流指令 I_{ref} に応じた電力をモータ 4 に供給する電流制御部 3 とを備えたデジタルサーボ制御装置 1 において、モータ速度 V とトルク指令 T_{ref} とを入力し、モータ 4 に結合された機械部 6 の複数の振動周波数を除去するように算出モータ速度 V_{fb} を算出して出力する全振動除去部 7 を備える。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

モータの位置または速度を検出しモータ速度を算出して出力する検出器を有するモータを駆動するデジタルサーボ制御装置であって、速度指令と前記モータ速度とを入力し前記モータ速度を前記速度指令に追従させるようにトルク指令を算出して出力する速度制御部と、前記トルク指令に基づく電流指令を算出して前記電流指令に応じた電力を前記モータに供給する電流制御部と、を備えたデジタルサーボ制御装置において、前記モータ速度と前記トルク指令とを入力し、前記モータに結合された機械部の複数の振動周波数を除去するように前記モータ速度を算出して出力する全振動除去部を備えることを特徴とするデジタルサーボ制御装置。

10

【請求項 2】

前記全振動除去部が、前記トルク指令と前記モータ速度とに基づいて、前記モータ速度に重畳した前記機械部の複数の振動周波数のうち 1 つの振動成分を除去した第 1 モータ速度を算出し、前記トルク指令と前記第 1 モータ速度とに基づいて、前記複数の振動周波数のうち他の 1 つの振動成分を除去した第 2 モータ速度を算出するように、順次 1 つずつ、振動成分を除去したモータ速度の演算を繰り返し、前記モータ速度に重畳した前記複数の振動周波数を全て除去した前記モータ速度を出力することを特徴とする請求項 1 記載のデジタルサーボ制御装置。

20

【請求項 3】

前記全振動除去部が、前記トルク指令と前記モータ速度とに基づいてモータ推定速度を算出し、前記モータ速度から前記モータ推定速度を減じた速度振動成分を入力して位相調整速度振動成分を算出し、前記モータ速度から前記位相調整速度振動成分を減じた前記モータ速度を出力することを特徴とする請求項 1 記載のデジタルサーボ制御装置。

【請求項 4】

前記全振動除去部が、速度オブザーバを用いて前記モータ推定速度を算出し、前記速度振動成分と前記モータ速度との位相を同位相となるように位相調整することを特徴とする請求項 3 記載のデジタルサーボ制御装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、NC 工作機械やロボット等のモータ応用システムに用いるモータの速度制御を行うデジタルサーボ制御装置に関し、特にモータが駆動する機構の影響により発生する振動を抑制するデジタルサーボ制御装置およびその制御方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来のデジタルサーボ制御装置は、マイクロコンピュータの高速化に伴い、制御処理周期を短くすることで、制御帯域を広くするようにしている。しかしながら、制御処理周期を短くすると速度検出の量子化誤差の影響が大きくなるという技術課題があった。エンコーダの分解能を高くすることでこの技術課題を解決することができるが、エンコーダの分解能を高くするとエンコーダが高価格となり実用性に欠けるという問題がある。この技術課題を解決するために、従来のデジタルサーボ制御装置では速度制御で用いるモータの回転速度情報を制御処理周期の短い速度オブザーバと、制御処理周期の長い速度オブザーバと、を用いて速度検出の量子化誤差の低減を図り、かつ、速度制御特性を改善している（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【0003】

図 8 は、従来のデジタルサーボ制御装置の構成を示すブロック図である。図において、101 はモータ、102 は駆動回路、103 は速度補償器、104 はエンコーダ、105

50

は速度推定手段、105 aは短周期速度オブザーバ、105 bは長周期速度オブザーバ、106は実速度演算手段、107は減算器、108は加算器、111はバイパスフィルタ、112はローパスフィルタ、cは速度指令、Icはトルク電流指令、fは速度計算値である。短周期速度オブザーバ105 aは、速度補償器3からのトルク電流指令Icと前記エンコーダ104の回転速度検出値とを基に速度補償器3と同程度の周期による処理により速度推定値 haを算出する。長周期速度オブザーバ105 bは、速度補償器3からのトルク電流指令Icと前記エンコーダ104の回転速度検出値とを基に速度補償器3の数十倍長い周期による処理により速度推定値 hbを算出する。

【0004】

速度推定値 hbは、ローパスフィルタ112にて長周期速度オブザーバ105 bで推定可能な周波数帯域までのローパスフィルタ処理を行う。速度推定値 haは、ハイパスフィルタ111により、ローパスフィルタ112の処理の周波数帯域を下限としてフィルタ処理を行う。加算器108はハイパスフィルタ111の出力とローパスフィルタ112の出力とを加算して速度計算値 fを算出する。

10

【0005】

このように、従来のデジタルサーボ制御装置は、短周期速度オブザーバ105 aと、長周期オブザーバ105 bと、を用いることで、短周期速度オブザーバからモータ回転速度変動のうち高周波成分まで考慮した速度推定値を出力して、長周期速度オブザーバから速度検出精度の劣化を補償した速度推定値を出力するのである。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平08-317679号公報(第4-5頁、図1)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来のデジタルサーボ制御装置は、複数の速度オブザーバを用いて、速度検出精度の劣化を補償する構成となっているが、モータが駆動する機構の振動を抑制することができないという問題があった。

【0008】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、モータが駆動する機構の影響により発生する振動を抑制することができるデジタルサーボ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】

【0009】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1に記載の発明は、モータの位置または速度を検出しモータ速度を算出して出力する検出器を有するモータを駆動するデジタルサーボ制御装置であって、速度指令と前記モータ速度とを入力し前記モータ速度を前記速度指令に追従させるようにトルク指令を算出して出力する速度制御部と、前記トルク指令に基づく電流指令を算出して前記電流指令に応じた電力を前記モータに供給する電流制御部と、を備えたデジタルサーボ制御装置において、前記モータ速度と前記トルク指令とを入力し、前記モータに結合された機械部の複数の振動周波数を除去するように前記モータ速度を算出して出力する全振動除去部を備えるものである。

40

また、請求項2に記載の発明は、請求項1記載の発明における前記全振動除去部が、前記トルク指令と前記モータ速度とに基づいて、前記モータ速度に重畳した前記機械部の複数の振動周波数のうち1つの振動成分を除去した第1モータ速度を算出し、前記トルク指令と前記第1モータ速度とに基づいて、前記複数の振動周波数のうち他の1つの振動成分を除去した第2モータ速度を算出するように、順次1つずつ、振動成分を除去したモータ速度の演算を繰り返し、前記モータ速度に重畳した前記複数の振動周波数を全て除去した前

50

記モータ速度を出力するものである。

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 記載の発明における前記全振動除去部が、前記トルク指令と前記モータ速度とに基づいてモータ推定速度を算出し、前記モータ速度から前記モータ推定速度を減じた速度振動成分を入力して位相調整速度振動成分を算出し、前記モータ速度から前記位相調整速度振動成分を減じた前記モータ速度を出力するものである。

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 記載の発明における前記全振動除去部が、速度オブザーバを用いて前記モータ推定速度を算出し、前記速度振動成分と前記モータ速度との位相を同位相となるように位相調整するものである。

【発明の効果】

10

【0010】

請求項 1 乃至 4 記載の発明によると、モータやモータに結合された機械部の共振等により発生してモータ速度に重畳される複数の振動を除去するように、順次 1 つずつ、モータフィードバック速度を算出するので、モータ速度に重畳される複数の振動成分を全て除去することができモータおよびモータにより駆動される機械部を滑らかに制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】本発明のデジタルサーボ制御装置の構成を示すブロック図

【図 2】本発明の全振動除去部の詳細な構成を示すブロック図

20

【図 3】本発明の第 1 振動除去部の詳細な構成を示すブロック図

【図 4】本発明の速度推定部の構成の例を示すブロック図

【図 5】本発明の位相調整部の構成の例を示すブロック図

【図 6】本発明の位相調整部の構成の別の例を示すブロック図

【図 7】本発明のデジタルサーボ制御装置の制御方法を示すフローチャート

【図 8】従来のデジタルサーボ制御装置の構成を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

【実施例 1】

30

【0013】

図 1 は、本発明のデジタルサーボ制御装置の構成を示すブロック図である。図において、2 は速度制御部、3 は電流制御部、4 はモータ、5 はモータ 4 のモータ速度 v を検出する検出器、6 はモータ 4 に結合されて駆動される機械部、7 は全振動除去部となっている。全振動除去部 7 は、モータ速度 v とトルク指令 $Tref$ とからモータ 4 およびモータ 4 が駆動する機構である機械部 6 の影響により発生する振動を除去したモータフィードバック速度 Vfb を出力する。

【0014】

本発明が従来技術と異なる部分は、全振動除去部 7 を備えた部分であり、モータ 4 とモータ 4 が駆動する機構である機械部 6 の影響により、検出器 5 から検出されるモータ速度 v が振動している場合、特にモータ 4 とモータ 4 が駆動する機構である機械部 6 に共振点が複数あり、複数の振動周波数で振動している場合に、全振動除去手段 7 にて複数の振動成分を除去することができる部分である。

40

【0015】

次に図 1 の動作について説明する。速度制御部 2 は、速度指令 $Vref$ と全振動除去部 7 から出力されるモータフィードバック速度 Vfb とを入力してモータフィードバック速度 Vfb が速度指令 $Vref$ に一致するようにトルク指令 $Tref$ を算出する。このとき、速度制御部 2 は比例制御、または比例積分制御などを行うことによりトルク指令 $Tref$ を算出する。電流制御部 3 は、モータ 4 がトルク指令 $Tref$ 通りのモータトルクを出力するための電流指令 $Iref$ を算出してモータ 4 に与える。機械部 6 はモータ 4 と結合さ

50

れていてモータ4が回転動作することで機械部6が駆動する。検出器5はモータの位置または速度を検出してモータ速度 v を算出する。

全振動除去部7は、トルク指令 $Tref$ とモータ速度 v とを入力してモータ速度 v が振動している場合に、振動成分を除去したモータフィードバック速度 Vfb を算出する。モータ速度 v が振動していない場合は、モータ速度 v をそのままモータフィードバック速度 Vfb として使用する。

【0016】

図2は、全振動除去部7の詳細な構成を示すブロック図である。図において、71は第1振動除去部、71'は第2振動除去部となっている。

【0017】

次に図2の動作について説明する。全振動除去部7に入力されたトルク指令 $Tref$ とモータ速度 v は、第1振動除去部71に入力される。モータ4およびモータ4が駆動する機構である機械部6の影響により、モータ速度 v が振動周波数 $f1$ で振動している場合、モータ速度 v から振動周波数 $f1$ の振動成分を除去してモータフィードバック速度 $vfb1$ を生成する。モータ速度 v が振動していない場合は、モータ速度 v をそのまま全振動除去部7の出力であるモータフィードバック速度 Vfb として出力する。

第1振動除去部71から出力されたモータフィードバック速度 $vfb1$ が振動周波数 $f2$ で振動している場合、モータフィードバック速度 $vfb1$ から振動周波数 $f2$ の振動成分を除去してモータフィードバック速度 $vfb2$ を生成して、モータフィードバック速度 $vfb2$ を全振動除去部7の出力であるモータフィードバック速度 Vfb として出力する。第1振動除去部71から出力されたモータフィードバック速度 $vfb1$ が振動していない場合は、モータフィードバック速度 $vfb1$ をそのまま全振動除去部7の出力であるモータフィードバック速度 Vfb として出力する。

【0018】

図3は、図2における第1振動除去部71の詳細な構成を示すブロック図である。図において、72は位相調整部、73は速度推定部となっている。図4は、図3における速度推定部73の詳細な構成を示すブロック図である。図において、74はゲイン、75はゲイン、76は積分器となっている。図5は図3における位相調整部72の詳細なブロック図である。図において77はローパスフィルタ、78はハイパスフィルタとなっている。

【0019】

次に図3の動作について説明する。モータ速度 v が振動周波数 $f1$ で振動していて第1振動除去部71がモータ速度 v から振動周波数 $f1$ 成分を除去する場合、振動除去部71に入力されたトルク指令 $Tref$ とモータ速度 v とを速度推定部73に入力する。速度推定部73は推定速度 $vobs$ を算出する。速度推定部73は、トルク指令 $Tref$ とモータ速度 v からモータ速度を推定する一般的な速度オブザーバであればよい。具体例として式(1)で推定速度 $vobs$ を算出することができる。図4は、式(1)をブロック図として示したものである。

【0020】

$$vobs = Tref / Js + g1 \cdot (v - vobs) / s \quad \dots \quad (1)$$

ただし、式(1)において、 J はモータ4と機械部6との慣性モーメントの合計値、 s はラプラス演算子、 $g1$ は速度推定部73の応答周波数である。 $g1$ は、振動周波数 $f1$ 以下に設定して推定速度 $vobs$ が振動周波数 $f1$ で振動しない信号にする。

位相調整部72は、モータ速度 v から速度推定部73で算出された推定速度 $vobs$ を減じてモータ速度 v の振動周波数 $f1$ 成分のみを抽出した信号である速度振動成分 $vvib$ の位相を、モータ速度 v と同位相とするように位相調整する。図5は図3における位相調整部72の詳細な構成を示すブロック図、図6は図3における位相調整部72の詳細な他の構成を示すブロック図である。図5において、速度振動成分 $vvib$ をローパスフィルタ77とハイパスフィルタ78とを用いて、振動成分の位相を調整して位相調整速度成分 $vphs$ として出力する。位相調整部72は、速度振動成分 $vvib$ の位相をモータ速度 v の振動と同位相とするような機構のものであればよく、図6に示すように遅延素子79

10

20

30

40

50

を用いて速度振動成分 v_{vib} の位相を調整してもよい。

そして、モータ速度 v から位相調整速度成分 v_{phs} を減じた信号をモータフィードバック速度 v_{fb1} として出力する。

【0021】

以上が振動除去部 71 の動作であるが、第 2 振動除去部 71' も同様の動作を行う。ただし、第 2 振動除去部 71' はモータ速度 v の代わりに第 1 モータフィードバック速度 v_{fb1} を入力する。

【0022】

このように、全振動除去部 7 が複数の振動除去部を備えており、それぞれの振動除去部が異なる振動周波数の振動を除去することができるので、モータ 4 を含めた機械部 6 の影響によりモータ速度 v が複数の振動周波数成分の振動を含んだ信号であっても滑らかに速度制御することができるのである。

10

【0023】

図 7 は、本発明のデジタルサーボ制御装置の全振動除去部 7 の動作のフローチャートである。図において、ステップ 1 はモータ速度 v に振動が発生しているかを判断するステップ、ステップ 2 はステップ 1 でモータ速度 v に振動が発生していた場合にモータ速度 v の振動周波数を測定するステップ、ステップ 3 はステップ 2 で測定した振動周波数の振動周波数を除去するステップ、ステップ 3 A は推定速度を算出するステップ、ステップ 3 B はモータ速度 v から振動成分を抽出するステップ、ステップ 3 C は抽出した振動成分の信号の位相を調整するステップ、ステップ 3 D はモータ速度 v から位相調整した振動成分の信号を減じてモータ速度 v の振動を除去するステップ、ステップ 4 はステップ 3 によって振動を除去したモータ速度 v にさらに振動が発生しているかを判断するステップ、ステップ 5 はステップ 4 でモータ速度 v に振動が発生していた場合にモータ速度 v の振動周波数を測定するステップ、ステップ 6 はステップ 4 で測定した振動周波数の振動周波数を除去するステップである。

20

【0024】

次に、図 7 の更に詳細な動作について説明する。

ステップ 1 ではモータ速度 v に振動が発生しているかを判断する。具体的には、例えばモータ速度 v を一定時間のデータを保存して、保存したデータを周波数解析して振動レベルが予め設定した閾値よりも大きい場合に振動が発生していると判断する。モータ速度 v に振動が発生していない場合は、モータ速度 v をそのままモータフィードバック速度 v_{fb} として出力する。

30

ステップ 2 ではモータ速度 v の振動周波数を測定する。具体的には、例えばステップ 1 で測定した周波数解析の結果で一番振動レベルが大きいものを振動周波数とする。

ステップ 3 ではモータ速度 v からステップ 2 で測定した振動周波数成分の信号を除去したモータフィードバック速度を算出する。ステップ 3 は更に詳細にステップ 3 A、ステップ 3 B、ステップ 3 C、ステップ 3 D の 4 つのステップでモータ速度 v から振動を除去する。

ステップ 3 A はモータ速度 v とトルク指令 T_{ref} とから速度オブザーバを用いて推定速度を算出する。ステップ 3 B はモータ速度からステップ 3 A で算出したモータ速度を減じてモータ速度 v の振動成分を抽出する。ステップ 3 C はステップ 3 B で抽出したモータ速度 v の振動成分の位相を調整してモータ速度 v の振動の位相とステップ 3 B で算出した振動成分の位相が同位相になるようにする。ステップ 3 D はモータ速度 v からステップ 3 C で位相調整したモータ速度 v の振動成分を減じてモータ速度 v の振動成分を除去する。

40

【0025】

ステップ 4 ではステップ 3 で算出したモータ速度 v から振動成分を除去したモータフィードバック速度 v_{fb1} に振動が発生しているかを判断する。具体的な振動が発生しているかを判断する方法は、ステップ 1 と同様であるため説明は省略する。ステップ 4 で振動が発生していない場合は、ステップ 3 で算出されたモータフィードバック速度 v_{fb1} をそのままモータフィードバック速度 v_{fb} として出力する。

50

ステップ5ではモータフィードバック速度 v_{fb1} の振動周波数を測定する。具体的な方法は、ステップ2と同様であるため説明は省略する。

ステップ6ではモータフィードバック速度 v_{fb1} からステップ5で測定した振動周波数成分の信号を除去したモータフィードバック速度を算出する。ステップ6の具体的な処理ステップは、ステップ3と同じであるため説明は省略する。ただし、ステップ6ではモータ速度 v の代わりにモータフィードバック速度 v_{fb1} を入力する。

【0026】

尚、本発明において、全振動除去部はこの実施例に限定されるものではなく、全振動除去部7は3つ以上の振動除去部を備えて、3種類以上の振動周波数の振動を除去することも可能である。例えば、3つ振動除去部を備えて3種類の振動周波数を除去する場合は、第2振動除去部71'の後段に第3振動除去部を直列に接続して、トルク指令 T_{ref} とモータフィードバック速度 v_{fb2} とを入力して、モータフィードバック速度 v_{fb2} から振動成分を除去すればよい。

10

【符号の説明】

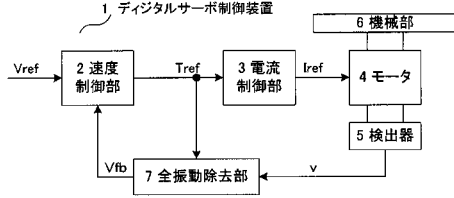
【0027】

- 1 デジタルサーボ制御装置
- 2 速度制御部
- 3 電流制御部
- 4 モータ
- 5 検出器
- 6 機械部
- 7 全振動除去部
- 7 1 第1振動除去部
- 7 1 ' 第2振動除去部
- 7 2 位相調整部
- 7 3 速度推定部
- 7 4 ゲイン
- 7 5 ゲイン
- 7 6 積分器
- 7 7 ローパスフィルタ
- 7 8 ハイパスフィルタ
- 7 9 遅延素子

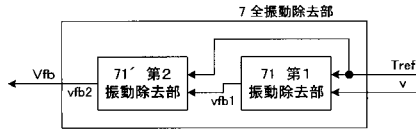
20

30

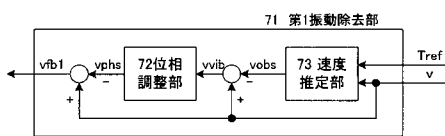
【 図 1 】



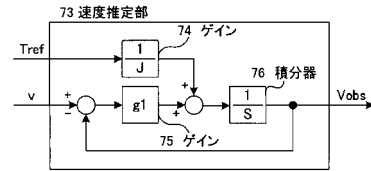
【 図 2 】



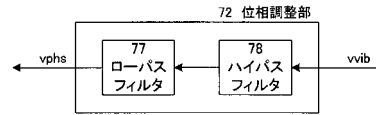
【 図 3 】



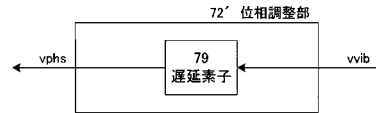
【 図 4 】



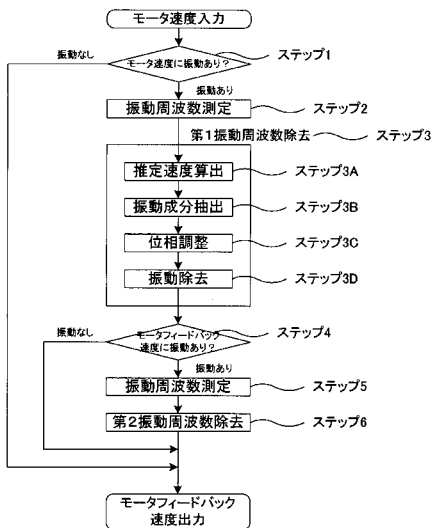
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

