

(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2004-86702  
(P2004-86702A)

(43) 公開日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
G 0 5 B 11/36	G O 5 B 11/36 5 O 3 C	5 H O O 4
G 0 5 D 19/02	G O 5 D 19/02 D	5 H 5 5 O
H O 2 P 5/00	H O 2 P 5/00 F	
	H O 2 P 5/00 K	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2002-248699 (P2002-248699)	(71) 出願人	000006622
(22) 出願日	平成14年8月28日 (2002.8.28)		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	佐藤 一男
			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)	5H004 GA09 GA27 GB16 HA07 HA08
			HA09 HA10 HB07 HB08 HB09
			HB10 JB18 KC39 KC54 MA11
			5H550 AA20 BB10 GG10 HB07 JJ03
			JJ25 LL01 LL32 LL47

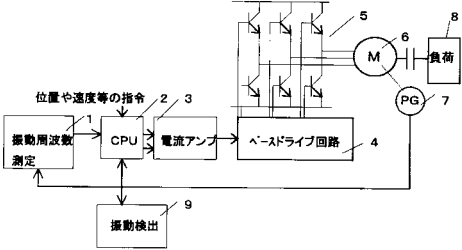
(54) 【発明の名称】 振動抑制フィルタの自動設定方法

(57) 【要約】

【課題】 制御対象の周波数特性を求めるには専用の測定器等が必要であり、掃引周波数や速度信号による適当な加振条件の設定が困難、測定結果の解析処理が複雑、測定結果に応じた適切なフィルタの設定が困難等、の問題がある。

【解決手段】 制御系の振動を検出する手段と、振動振幅の山、谷、山と計測して振動周波数を測定する手段とを備え、所定の大きさのステップ状の模擬外乱トルクで繰り返し加振し、加振ごとに制御ゲインを上げていく処理を、所定の振動検出レベルになる迄繰り返し行ない、前記振動検出レベルの到達を検出した時に、前記振動周波数測定手段で振動周波数を測定し、前記振動周波数で振動抑制フィルタの周波数を設定する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

サーボモータを駆動するサーボ制御装置において、  
制御系の振動振幅より振動を検出する振動検出手段と、振動振幅の山、谷、山と計測して振動周波数を測定する手段を備え、機械等の振動を発生する状況を作る為に振動が発生する迄制御ゲインを上げたところで、あるレベルの振動を与えるようなステップ状の模擬外乱トルクをトルク指令に加える加振手段を持ち、加振の大きさを調整し加振し前記振動検出手段で振動検出を行い、振動を検出するまで前記の制御ゲインを上げ模擬外乱トルクを加える処理をある振動レベルになる迄繰り返し、前記振動検出手段が振動を検出した時に、前記振動周波数測定手段で振動周波数を測定し、前記振動周波数で振動抑制フィルタの周波数を設定することを特徴とする振動抑制フィルタの自動設定方法。 10

## 【請求項 2】

前記振動抑制フィルタの自動設定方法において、  
前記振動検出手段が振動を検出した振動周波数が制御能力で決まる周波数帯域以上では、振動周波数近傍を遮断するようなフィルタを選択し振動周波数が制御能力で決まる周波数帯域以内では、振動周波数以上を遮断するようなフィルタを選択することを特徴とする振動抑制フィルタの自動設定方法。

## 【請求項 3】

前記振動抑制フィルタの自動設定方法において、  
前記振動検出手段が振動を検出した時に機械の振動を抑えるため制御ゲインを下げる等することを特徴とする振動抑制フィルタの自動設定方法。 20

## 【請求項 4】

サーボモータを駆動するサーボ制御装置において、  
制御系の振動振幅より振動を検出する振動検出手段と振動振幅の山、谷、山と計測して振動周波数を測定する手段を備え、通常運転中振動が発生した時にある振動レベルを超えた場合振動と検出し、前記振動検出手段が振動を検出した時に、前記振動周波数測定手段で振動周波数を測定し、前記振動周波数で振動抑制フィルタの周波数を設定することを特徴とする振動抑制フィルタの自動設定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30

## 【発明の属する技術分野】

本発明はサーボモータを駆動するサーボ制御装置において、機械等を加振手段により計測できるような振動状況を作り上げ振動させて、或いは振動する状況で振動を検出した時に、その振動振幅を山、谷、山と時間を計測してその周波数を得て、その時定数分のフィルタを決定する方法に関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

従来、図 8 のようにサーボの指令入力（例えば速度指令）に周波数解析装置（あるいは FFT 解析装置）の信号出力を接続し、サーボの検出出力（例えばモータ速度）を周波数解析装置に入力する。 40

周波数解析装置は周波数を掃引した信号をサーボへ出力し、サーボで駆動されたモータの速度波形を FFT 解析し、振動の周波数を求める。あるいは、掃引波形とモータ速度波形の FFT 解析結果からサーボ系の周波数特性を求め、振動周波数を特定する。

このようにして求めた、振動周波数から、共振する周波数を遮断するような振動抑制フィルタ（例えば、ノッチフィルタや低域通過フィルタ等）のパラメータを設定していた。例えば、図 6 (i) のグラフから共振周波数  $f_0$  を求め、フィルタの遮断周波数を  $f_0$  に合わせて、図 6 (ii) のようにする。

また、特開平 05 - 346813 号公報のように振幅一定で周波数を変化させた信号をサーボへ加え、モータ速度信号あるいは機械の可動テーブルの位置信号等を周波数分析し、共振する周波数を求め、これをカットするようにフィルタのパラメータを決めていた。 50

## 【 0 0 0 3 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

ところが従来の技術では、周波数特性を求めるために、専用の測定器等が必要で周波数掃引する周波数、速度信号を用い適当な振幅等の適する条件を人が設定する必要があり、例えば条件設定を間違えて信号が小さい場合正しく測定できず、信号が大きいと大きな共振が発生して機械を壊す等の可能性があった。

またその結果の F F T 解析をするのは処理が大変なのと、測定したデータに幾つかピークがある場合必要なものを抽出する必要があった。更にその振動の周波数よりどのようなフィルタが必要か人が選択してその周波数の逆数の時定数分のフィルタをサーボに設定しなければならず、到底自動でできなかった。

10

周波数特性の測定では計測器が機械的に周波数掃引を行うので、1度振動すると非常停止する迄マシンが振動し続ける問題もあった。またその場合マシンの振動状態は直ぐに収まらないので、暫く続く可能性があった。

そこで本案は、特別な処理の必要としない簡単な方法で、かつ機械の振動を極力抑えた安全な方法で制御装置が自動的に振動周波数を検出して、どのようなフィルタが必要かを判断してフィルタを設定すること等を目的とする。

## 【 0 0 0 4 】

## 【 課題を解決するための手段 】

上記課題を解決するため、機械等の振動が発生する状況を作る為に振動が発生する迄サーボの制御ゲインを上げたところで、あるレベルの振動を与えるようなステップ状の模擬外乱トルクをトルク指令に加えて振動させる或いは通常運転中振動検出手段である振動レベルを超えた場合振動を検出する。その振動振幅の最大、最小、最大とピークを計測して周波数を測定する。振動させる場合、加振の大きさを調整し加振し前記振動検出手段で振動検出を行い、振動を検出するまで前記の制御ゲインを上げ模擬外乱トルクを加える処理がある振動レベルになる迄繰り返し、或いは通常運転中振動が発生した時にある振動レベルを超えた場合振動と検出し、前記振動検出手段が振動を検出した時に、前記振動周波数測定手段で振動周波数を測定し、前記振動周波数でその周波数以上又はその近傍をカットするように帯域のフィルタを振動周波数及び制御能力より選択する。振動を検出した場合、模擬外乱トルクをトルク指令に加える動作は終了し上げていた制御ゲインは下げ、機械の振動を抑える動作を行う。

20

30

## 【 0 0 0 5 】

上記手段により、簡単な方法で設定でき、振動する制御ゲインを調整するのでこれ以上ゲインを上げてはいけない、なるべく振動させたくない測定等に使用できる。またサーボ制御装置単体で機械の特性や制御能力に応じて判断して自動的に設定することができる。

## 【 0 0 0 6 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の具体的実施例を図 1 に示して説明する。

図 1 においては 1 は振動周波数測定手段、2 はマイクロコンピュータ、3 は電流アンプ、4 はベースドライブ回路、5 はパワートランジスタモジュール、6 はモータ、7 はエンコーダ、8 は負荷、9 は振動検出回路である。

40

以上のように構成された回路において、その動作を図 2 の制御ブロック図及び図 7 の概略フローチャートを用いて説明する。

まずマイクロコンピュータ 2 は位置や速度といった指令を外部のコントローラ等から受取る。そして例えば速度指令の場合は速度制御を行い、その出力の電流指令で電流制御を行い、ベースドライブ駆動回路 4 を通してパワートランジスタ 5 を駆動してモータを制御する。

ここでマイクロコンピュータ 2 は、通常の制御以外に、図 2 のブロックに関して、下記の制御処理を実行する。

まず最初に位置ループや速度ループといった制御系のゲインを低ゲインとしておき、図 3 のように通常運転、或いは運転して機械特有の運転時の振動レベルを検出する。この図で

50

は通常運転でのトルクの振動振幅の最大値を検出している。図7のフローチャートの処理1を行う。

次に位置ループや速度ループといった制御系のゲインを低ゲインとしておき、図2の制御ブロック図のトルク指令  $r_{ref}$  に模擬外乱トルクをステップ状に加えて、位置偏差あるいは速度等の応答をあるレベル以上あることを確認する。

図7のフローチャートの2から3の処理を行う。ここで、あるレベル以上の応答がなければ、加えた模擬外乱トルクが機械負荷を超えられなかったと考え、模擬外乱トルクを大きくする。

あらかじめ定めたレベルまで、応答が大きくなるように模擬外乱トルクを大きくする。この応答のレベルは前記図7のフローチャートの処理1のように例えば通常の運転中の振動振幅の最大値を2倍等にする。 10

そして模擬外乱トルクがあるレベルまで大きくしても応答が大きにならない場合、応答の検出レベルを下げる。

このようにして模擬外乱トルクの大きさとその応答の検出レベルを調整する。

模擬外乱トルクの大きさを決めた後で、次に図4に示すような時間タイミングで段階的にゲインを上げる。

図7のフローチャート4～6の処理のようにゲインを上げたところで、トルク指令に模擬外乱トルクを加え振動検出回路9にて、振動を確認する。振動検出回路9は図4のように例えばトルク又は速度等の振幅を振動検出レベルと比較し、大きい場合振動として検出する。振動レベルは前に調整した応答レベルの1.5倍等する。振動の発生はこれに限った 20

ことではなく通常運転でマシンが振動した時に、振動を検出して良い。  
通常、停止中や運転中では制御ゲインを上げてマシンはなかなか発振等はない。これは負荷や摩擦等でそれ以上の大きなトルクによる外乱がかからないといけないのと多くの場合マシン自体が振動を抑えるように働くからである。停止中では弾性系のものが負荷や摩擦等で抑えられ、走行中では負荷、摩擦や運動の

慣性等で振動しようとするトルクが抑えられる。但し、抑えられるトルクより大きな外乱等が発生又は振動により発生すると発振する。本案ではこの模擬外乱トルクをマシンの振動を与えるようなレベルで加振して外すことによりトリガーとして働き、振動を誘発させるものである。図5は実際の機械である程度ゲインを上げ、模擬外乱トルクをかけた時の速度とトルクの応答波形である。振動成分はあるが収束していることが分かる。この機械 30

も更にゲインを上げ模擬外乱トルクをかけて外すと発振する。  
模擬外乱トルクを加えた後にあるレベルを超えて振動を検出又は通常運転中に振動を検出したら、振動周波数測定手段1にて、振動周期を測定する。例えば、図5のように振動波形の振幅の最小値から次の最小値まで、あるいは最大値から次の最大値までの時間を測定し、振動の周期を測定する。

測定精度を向上するためには、前記の最小値についての $n$ 周期分の時間を測定し、 $n$ 周期の平均を計算することにより正確に周期を測定すれば良い。例えば図5のように2周期観測して平均の周期 $T$ を求め、この周期 $T$ の逆数を周波数 $f_0$ とする。

次に図7のフローチャート6の処理で振動検出回路9にて振動を検出すると図4のようなタイミングで模擬外乱トルクを加えるのは停止し、ゲインを振動しないレベル迄下げる( 40  
例えば、振動したゲインの半分あるいは、最初に設定した低いゲイン等)。あるいは、確実に振動を止めるため、トルク指令を絞るか、位置偏差を一瞬ゼロにする。図7のフローチャート7の処理を行う。

測定した振動周波数 $f_0$ を、振動抑制フィルタ、例えばノッチフィルタのノッチ周波数として設定すると、例えば、図6(i)のような共振と反共振を持ったマシンの周波数応答を図6(ii)のように共振を抑えた特性に制御することができる。あるいは $f_0$ によって、低域通過フィルタの遮断周波数を設定しても同等な効果を得ることができる。この場合、低域通過フィルタの遮断周波数は、測定した $f_0$ のあらかじめ設定した定数倍とすれば良い。図7のフローチャート8の処理のように振動周波数が制御能力で決まる周波数より高い場合、図7のフローチャート9-1の処理のように周波数近傍を遮断するような振 50

動抑制フィルタ、例えばノッチフィルタを選択し振動周波数が低い場合、図7のフローチャート9-2の処理のように周波数以上を遮断するような振動抑制フィルタ、例えば低域通過フィルタを選択しフィルタの時定数等を設定する。制御能力で決まる周波数は例えば400Hz程度迄は制御ゲインに影響を及ぼす可能性があるので低域通過フィルタ等を使用する等の理由で、制御能力等に応じて決める。

また振動周波数測定手段1や振動検出回路9は、マイクロコンピュータ2で行っても良い。

【0007】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、簡単な方法で機械の特性や制御能力に応じて判断して設定でき、振動する制御ゲインを調整し模擬外乱トルクによる加振と振動検出手段が独立に持っているため振動の検出で、即制御ゲインを下げる等することができる。これにより、これ以上ゲインを上げてはいけない測定等に使用できるという効果がある。

【0008】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的実施例の構成図である。

【図2】制御ブロック図である。

【図3】通常運転した時の速度指令、速度、トルクの波形と振動レベルの測定タイミング図である。

【図4】ゲインを上げて振動を発生及び振動発生時のゲイン低下、振動周波数測定タイミング図である。

【図5】振動波形の例である。

【図6】マシンの周波数特性である。

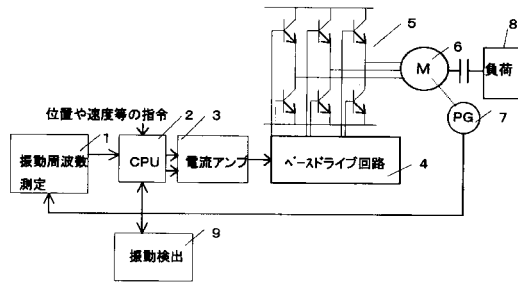
【図7】本案の振動抑制フィルタを設定する概略フローチャートである。

【図8】従来の実施例の構成図である。

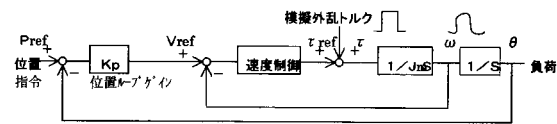
【符号の説明】

- 1 振動周波数測定手段
- 2 マイクロコンピュータ
- 3 電流アンプ
- 4 ヘースドライブ回路
- 5 パワートランジスタモジュール
- 6 モータ
- 7 エンコーダ
- 8 負荷
- 9 振動検出回路
- 11 周波数特性FFT解析測定器
- 12 サーボ制御装置
- 13 モータ
- 14 エンコーダ
- 15 負荷

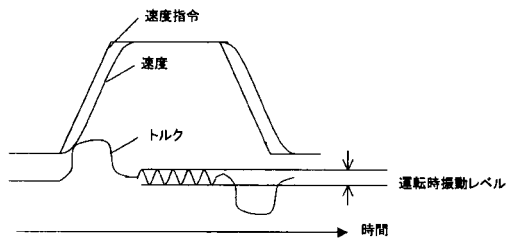
【図 1】



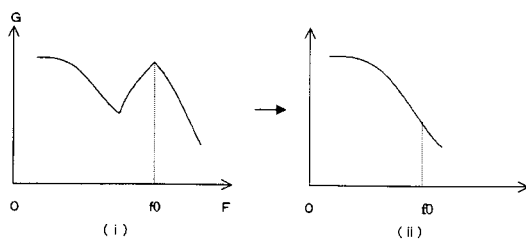
【図 2】



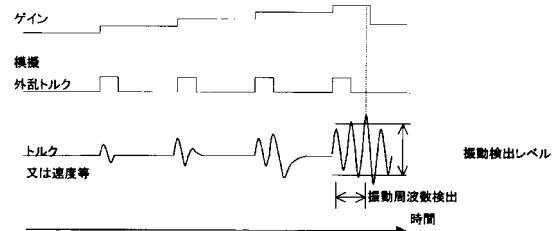
【図 3】



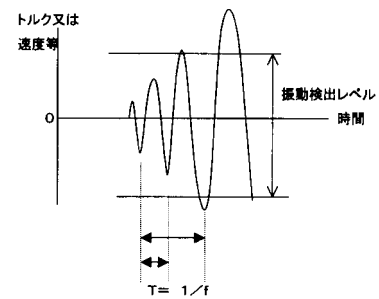
【図 6】



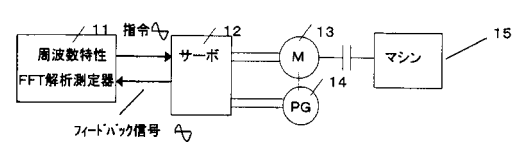
【図 4】



【図 5】



【図 8】



【図 7】

