

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4792302号
(P4792302)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.

G 1 O K 11/178 (2006.01)

F 1

G 1 O K 11/16

H

請求項の数 9 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2006-54879 (P2006-54879)
 (22) 出願日 平成18年3月1日 (2006.3.1)
 (65) 公開番号 特開2007-233057 (P2007-233057A)
 (43) 公開日 平成19年9月13日 (2007.9.13)
 審査請求日 平成20年8月20日 (2008.8.20)

(73) 特許権者 000219602
 東海ゴム工業株式会社
 愛知県小牧市東三丁目1番地
 (74) 代理人 100081776
 弁理士 大川 宏
 (72) 発明者 村松 篤
 愛知県小牧市東三丁目1番地 東海ゴム工業株式会社内
 (72) 発明者 小山 裕教
 愛知県小牧市東三丁目1番地 東海ゴム工業株式会社内
 審査官 大野 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】周期性信号の適応制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

振動発生源から発生される周期性信号に対して該周期性信号に同期する適応信号を加えることにより、前記周期性信号が所定の伝達経路を経由して対象評価点に及ぼす影響を能動的に低減する周期性信号の適応制御装置であって、

前記所定の伝達経路は、第1伝達経路及び前記第1伝達経路と異なる第2伝達経路を含み、

前記周期性信号のうち特定周波数成分の角振動数に基づき、第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を構成成分に含む前記適応信号を前記第1伝達経路中に発生させる適応信号発生部と、

前記第1伝達経路中のうち前記適応信号発生部と前記対象評価点との間に位置する第1観測点において、前記周期性信号に対して前記適応信号を所定の第1伝達特性を介して加えることにより生じる第1の残差を検出する第1残差検出部と、

少なくとも前記角振動数に応じた振幅目標値を含む前記第1観測点の周期性の残差目標値であって、前記角振動数および前記第2伝達経路の伝達特性に基づき前記残差目標値を設定する観測点目標値設定部と、

前記角振動数、前記第1の残差及び前記残差目標値に基づき前記第1振幅フィルタ係数及び前記第1位相フィルタ係数を更新する第1フィルタ係数更新部と、

を備えることを特徴とする周期性信号の適応制御装置。

【請求項 2】

前記残差目標値は、前記角振動数に応じた位相目標値を含む請求項1記載の周期性信号の適応制御装置。

【請求項3】

前記角振動数に基づき前記第1伝達特性の伝達関数の推定値を算出する第1推定伝達関数算出部をさらに備え、

前記適応信号発生部は、式(1)に従って得られる前記適応信号を前記第1伝達経路中に発生させ、

前記第1フィルタ係数更新部は、前記角振動数、前記第1の残差、前記第1伝達関数推定値、及び、前記残差目標値に基づき、式(2)(3)(4)又は式(5)(6)(7)に従って式(1)における前記第1振幅フィルタ係数及び前記第1位相フィルタ係数を更新する請求項1記載の周期性信号の適応制御装置。10

【数1】

$$y1_n = a1_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n) \quad \dots \quad (1)$$

$y1_n$: 適応信号

$a1_n$: 第1振幅フィルタ係数

$\phi1_n$: 第1位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

n : 離散時刻

20

【数2】

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (2)$$

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (3)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (4)$$

30

μ_{a1} : 第1の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi1}$: 第1の位相のステップサイズパラメータ

$Ah1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分

$\Phi h1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の位相成分

$e1_n$: 残差信号

$et \arg et_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

40

【数3】

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (5)$$

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot Ah1 \cdot a1_n \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (6)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (7)$$

【請求項4】

前記角振動数に基づき前記第1伝達特性の伝達関数の推定値を算出する第1推定伝達関

50

数算出部をさらに備え、

前記適応信号発生部は、式(8)に従って得られる前記適応信号を前記第1伝達経路中に発生させ、

前記第1フィルタ係数更新部は、前記角振動数、前記第1の残差、前記第1伝達関数推定値、及び、前記残差目標値に基づき、式(9)(10)(11)又は式(12)(13)(14)に従って式(8)における前記第1振幅フィルタ係数及び前記第1位相フィルタ係数を更新する請求項2記載の周期性信号の適応制御装置。

【数4】

$$y1_n = a1_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n) \quad \dots \quad (8) \quad 10$$

$y1_n$: 適応信号

$a1_n$: 第1振幅フィルタ係数

$\phi1_n$: 第1位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

n : 離散時刻

【数5】

20

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (9)$$

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (10)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (11)$$

μ_{a1} : 第1の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi1}$: 第1の位相のステップサイズパラメータ

$Ah1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分

30

$\Phi h1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の位相成分

$e1_n$: 残差信号

$et \arg et_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

【数6】

40

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (12)$$

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot Ah1 \cdot a1_n \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (13)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (14)$$

【請求項5】

前記観測点目標値設定部は、前記角振動数に応じた前記振幅目標値を予め記憶し、前記振動発生源から実際に発生される前記周期性信号の前記角振動数に基づき前記振幅目標値を設定する請求項1～4の何れか一項に記載の周期性信号の適応制御装置。

50

【請求項 6】

前記観測点目標値設定部は、

前記角振動数に基づき、第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を構成成分に含む式(15)に従って得られる仮想適応信号を前記第2伝達経路中に仮想的に発生させる仮想適応信号発生部と、

前記第2伝達経路中の第2観測点において前記周期性信号に基づき生じる第2観測点振動を検出する振動検出部と、

前記仮想適応信号及び前記第2観測点振動に基づき、仮想観測点において前記周期性信号に対して前記仮想適応信号を所定の仮想伝達特性を介して仮想的に加えることにより生じる仮想残差を検出する仮想残差検出部と、

前記角振動数に基づき前記仮想伝達特性の伝達関数の推定値を算出する仮想伝達関数推定部と、

前記角振動数、前記仮想残差及び前記仮想伝達関数推定値に基づき、式(16)(17)又は式(18)(19)に従って式(15)における前記第2振幅フィルタ係数及び前記第2位相フィルタ係数を更新する第2フィルタ係数更新部と、

更新された前記第2振幅フィルタ係数を式(20)に従って前記振幅目標値に設定する更新目標値設定部と、

を備える請求項1～4の何れか一項に記載の周期性信号の適応制御装置。

【数7】

$$y2_n = a2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n) \quad \dots \quad (15)$$

$y2_n$: 仮想適応信号

$a2_n$: 第2振幅フィルタ係数

$\phi2_n$: 第2位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

【数8】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (16)$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (17)$$

μ_{a2} : 第2の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi2}$: 第2の位相のステップサイズパラメータ

$Ah2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

【数9】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (18)$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot Ah2 \cdot a2_n \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (19)$$

【数10】

$$a_e = a2_{n+1} \quad \dots \quad (20)$$

【請求項7】

前記観測点目標値設定部は、前記第2伝達経路の伝達特性に基づき前記位相目標値を設定する請求項2又は4に記載の周期性信号の適応制御装置。

【請求項8】

前記観測点目標値設定部は、前記角振動数に応じた前記位相目標値を予め記憶し、前記振動発生源から実際に発生される前記周期性信号の前記角振動数に基づき前記位相目標値を設定する請求項7記載の周期性信号の適応制御装置。 10

【請求項9】

前記観測点目標値設定部は、

前記角振動数に基づき、第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を構成成分に含む式(21)に従って得られる仮想適応信号を前記第2伝達経路中に仮想的に発生させる仮想適応信号発生部と、

前記第2伝達経路中の第2観測点において前記周期性信号に基づき生じる第2観測点振動を検出する振動検出部と、

前記仮想適応信号及び前記第2観測点振動に基づき、仮想観測点において前記周期性信号に対して前記仮想適応信号を所定の仮想伝達特性を介して仮想的に加えることにより生じる仮想残差を検出する仮想残差検出部と、 20

前記角振動数に基づき前記仮想伝達特性の伝達関数の推定値を算出する仮想伝達関数推定部と、

前記角振動数、前記仮想残差及び前記仮想伝達関数推定値に基づき、式(22)(23)又は式(24)(25)に従って式(21)における前記第2振幅フィルタ係数及び前記第2位相フィルタ係数を更新する第2フィルタ係数更新部と、

更新された前記第2位相フィルタ係数を式(26)に従って前記位相目標値に設定する更新目標値設定部と、

を備える請求項7記載の周期性信号の適応制御装置。

【数11】

$$y2_n = a2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n) \quad \dots \quad (21)$$

$y2_n$: 仮想適応信号

$a2_n$: 第2振幅フィルタ係数

$\phi2_n$: 第2位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

30

40

【数12】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (22)$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (23)$$

μ_{a2} : 第2の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi2}$: 第2の位相のステップサイズパラメータ

$Ah2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の振幅成分

10

$\Phi h2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

【数13】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (24)$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot Ah2 \cdot a2_n \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (25)$$

【数14】

$$\phi_e = \phi2_{n+1} \quad \dots \quad (26)$$

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動発生源から発生される周期性信号に対して該周期性信号に同期する適応信号を加えることにより、周期性信号が対象評価点に及ぼす影響を能動的に除去し、対象評価点における振動を低減する周期性信号の適応制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

30

従来、適応制御装置に関しては、例えば、特開2005-309662号公報に開示されたものがある。当該公報には、振動発生源から発生される信号に対して、適応信号を加えた場合の差分演算値をゼロにするようにすることが記載されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このような差分演算値をゼロにするような適応制御装置によれば、確かに、振動発生源から対象評価点までの伝達経路が一つのみの場合には、対象評価点における振動をゼロにするようにすることができる。

【0004】

40

しかし、振動発生源から対象評価点までの伝達経路が複数存在する場合に、複数の伝達経路のうち一の伝達経路の振動に対して適応制御装置を適用すると、以下のような問題が生じる。

【0005】

第1に、仮に適応制御を適用しない場合には、複数の伝達経路を介して伝達された振動が、相互に打ち消し合うことで、結果的に対象評価点における振動が低減することがある。このような場合に、一の伝達経路に対して適応制御装置を適用すると、一の伝達経路の振動は低減するため、他の伝達経路の振動を打ち消すように作用しない。その結果、却って対象評価点における振動が大きくなるおそれがある。

【0006】

50

第2に、複数の伝達経路を介して伝達される振動が、それぞれ周波数毎に対象評価点への寄与の割合が異なることがある。例えば、一の伝達経路に対して適応制御装置を適用する場合に、当該一の伝達経路の振動の寄与が高い周波数においては、対象評価点における振動を大きく低減することができる。しかし、他の周波数帯においては、一の伝達経路に対して適用制御装置を適用したとしても、対象評価点における振動をそれほど低減することができない場合がある。そうすると、周波数毎に振動の低減量が異なるため、周波数の変化に対して振動の変化割合が大きくなることがある。つまり、振動の山谷のギャップが大きくなる。このような変化は、人にとって違和感を受ける。

【0007】

また、近年、振動・騒音などをを利用して音色作りが注目されている。しかし、従来の適応制御装置を適用すると、対象評価点における振動・騒音をゼロにするようにしているので、音色作りを行う際には新たに振動を発生させることが必要となる。そのため、エネルギー効率が非常に悪い。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、周期性信号に対して適応信号を加えた場合に、その残差が意図的にゼロにならないようにすることができる周期性信号の適応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】

【0009】

本発明の周期性信号の適応制御装置は、振動発生源から発生される周期性信号に対して該周期性信号に同期する適応信号を加えることにより、周期性信号が所定の伝達経路を経由して対象評価点に及ぼす影響を能動的に低減する周期性信号の適応制御装置である。ここで、所定の伝達経路は、第1伝達経路及び前記第1伝達経路と異なる第2伝達経路を含む。そして、周期性信号の適応制御装置は、周期性信号のうち特定周波数成分の角振動数に基づき、第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を構成成分に含む適応信号を第1伝達経路中に発生させる適応信号発生部と、第1伝達経路中のうち適応信号発生部と対象評価点との間に位置する第1観測点において、周期性信号に対して適応信号を所定の第1伝達特性を介して加えることにより生じる第1の残差を検出する第1残差検出部と、少なくとも角振動数に応じた振幅目標値を含む第1観測点の周期性の残差目標値であって、角振動数および第2伝達経路の伝達特性に基づき残差目標値を設定する観測点目標値設定部と、角振動数、第1の残差及び残差目標値に基づき第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を更新する第1フィルタ係数更新部とを備えることを特徴とする。

【0010】

本発明の周期性信号の適応制御装置によれば、周期性の残差目標値を用いて第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を更新している。そして、更新された各フィルタ係数を用いた適応信号が発生される。つまり、第1観測点における残差をゼロにするのではなく、第1観測点における残差が残差目標値になるように、適応信号発生部が適応信号を発生している。ここで、残差目標値は、振幅目標値を振幅とする周期性の信号である。従って、振動発生源から対象評価点までの伝達経路が複数存在する場合に、却って対象評価点における振動が大きくなることを抑制することができ、且つ、振動の山谷のギャップを小さくすることができる。さらに、音色作りを行う際に、残差目標値に相当する信号を利用することができるので、エネルギー効率が向上する。

【0011】

また、残差目標値は、角振動数に応じた位相目標値を含むようにしてもよい。すなわち、この場合の残差目標値は、角振動数に応じた振幅目標値及び位相目標値を含むことになる。つまり、第1観測点における残差目標値の位相が、振動発生源から発生される周期性信号の位相に対して異ならせることができる。

【0012】

例えば、振動発生源から対象評価点までの伝達経路が複数存在する場合に、一の伝達経路を介して伝達された振動の位相と、他の伝達経路を介して伝達された振動の位相とは、

10

20

30

40

50

異なることがある。そして、一の伝達経路を介して伝達される振動に対して適応信号を発生した場合に、一の伝達経路における第1観測点の残差の位相が、他の伝達経路を介して伝達される振動の位相に一致させることができ最も望ましい。そこで、残差目標値に位相目標値を含ませることで、第1観測点における残差の位相を適宜調整することができる。従つて、確実に、複数の伝達経路が存在する場合に、対象評価点における振動を抑制するように制御できる。

【0013】

ここで、残差目標値に振幅目標値を含む場合には、第1フィルタ係数更新部による第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数の更新は、以下のようにするとよい。

【0014】

すなわち、本発明の周期性信号の適応制御装置は、角振動数に基づき第1伝達特性の伝達関数の推定値を算出する第1推定伝達関数算出部をさらに備え、適応信号発生部は、式(1)に従って得られる適応信号を第1伝達経路中に発生させ、第1フィルタ係数更新部は、角振動数、第1の残差、第1伝達関数推定値、及び、残差目標値に基づき、式(2)(3)(4)又は式(5)(6)(7)に従って式(1)における第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を更新する。

【0015】

【数1】

$$y1_n = a1_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n) \quad \dots \quad (1)$$

10

20

 $y1_n$: 適応信号 $a1_n$: 第1振幅フィルタ係数 $\phi1_n$: 第1位相フィルタ係数 ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数 t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

n : 離散時刻

【0016】

30

【数2】

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (2)$$

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (3)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (4)$$

 μ_{a1} : 第1の振幅のステップサイズパラメータ

40

 $\mu_{\phi1}$: 第1の位相のステップサイズパラメータ $Ah1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分 $\Phi h1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の位相成分 $e1_n$: 残差信号 $et \arg et_n$: 残差目標値 a_e : 振幅目標値

【0017】

【数3】

$$al_{n+1} = al_n - \mu_{al} \cdot Ah1 \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (5)$$

$$\phi l_{n+1} = \phi l_n - \mu_{\phi l} \cdot Ah1 \cdot al_n \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (6)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (7)$$

【0018】

ここで、第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数の更新に際して、式(2)(3)(4)に従って更新する場合と、式(5)(6)(7)に従って更新する場合とがあるが、これらは何れも収束性はほとんど変わらない。しかし、第1位相フィルタ係数の更新式(3)には、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1_n} が含まれていない。一方、第1位相フィルタ係数の更新式(6)には、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1_n} が含まれている。従って、第1位相フィルタ係数の更新に際して、式(3)を用いる場合には、式(6)を用いる場合に比べて、演算負荷を低減できる。その結果、演算処理能力の低いマイクロコンピュータを用いることができ、低コスト化を図ることができる。

【0019】

また、残差目標値に振幅目標値及び位相目標値を含む場合には、第1フィルタ係数更新部による第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数の更新は、以下のようにするといよい。

【0020】

すなわち、本発明の周期性信号の適応制御装置は、角振動数に基づき第1伝達特性の伝達関数の推定値を算出する第1推定伝達関数算出部をさらに備え、適応信号発生部は、式(8)に従って得られる適応信号を第1伝達経路中に発生させ、第1フィルタ係数更新部は、角振動数、第1の残差、第1伝達関数推定値、及び、残差目標値に基づき、式(9)(10)(11)又は式(12)(13)(14)に従って式(8)における第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数を更新する。

【0021】

【数4】

$$yl_n = al_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi l_n) \quad \dots \quad (8)$$

yl_n : 適応信号

al_n : 第1振幅フィルタ係数

ϕl_n : 第1位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

n : 離散時刻

【0022】

【数5】

$$al_{n+1} = al_n - \mu_{al} \cdot Ah1 \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (9)$$

$$\phi l_{n+1} = \phi l_n - \mu_{\phi l} \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (10)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (11)$$

μ_{al} : 第1の振幅のステップサイズパラメータ

10

$\mu_{\phi l}$: 第1の位相のステップサイズパラメータ

$Ah1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分

$\Phi h1$: 第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の位相成分

el_n : 残差信号

$et \arg et_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

【0023】

20

【数6】

$$al_{n+1} = al_n - \mu_{al} \cdot Ah1 \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (12)$$

$$\phi l_{n+1} = \phi l_n - \mu_{\phi l} \cdot Ah1 \cdot al_n \cdot (el_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi l_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (13)$$

$$et \arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (14)$$

【0024】

ここで、第1振幅フィルタ係数及び第1位相フィルタ係数の更新に際して、式(9)(10)(11)に従って更新する場合と、式(12)(13)(14)に従って更新する場合とがあるが、これらは何れも収束性はほとんど変わらない。しかし、第1位相フィルタ係数の更新式(10)には、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1n} が含まれていない。一方、第1位相フィルタ係数の更新式(13)には、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値Gh1の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1n} が含まれている。従って、第1位相フィルタ係数の更新に際して、式(10)を用いる場合には、式(13)を用いる場合に比べて、演算負荷を低減できる。その結果、演算処理能力の低いマイクロコンピュータを用いることができ、低コスト化を図ることができる。

30

【0025】

また、本発明において、観測点目標値設定部は、第2伝達経路の伝達特性に基づき振幅目標値を設定している。これにより、第2伝達経路を介して対象評価点に伝達された振動に対して、第1伝達経路中の第1観測点における残差の振幅を適切に調整することができる。従って、第2伝達経路を介して伝達された振動に対して相互に打ち消し合うようにすることができ、結果として対象評価点における振動を低減することができる。

40

【0026】

そして、第2伝達経路の伝達特性に基づき振幅目標値を設定する場合には、以下の2通りがある。

【0027】

振幅目標値を設定する第1番目の手段は、観測点目標値設定部は、角振動数に応じた振幅目標値を予め記憶し、振動発生源から実際に発生される周期性信号の角振動数に基づき

50

振幅目標値を設定するようにする。つまり、予め角振動数毎の振幅目標値をマップなどとして記憶しておき、周期性信号の角振動数のみに基づき振幅目標値が設定される。これにより、非常に高速に振幅目標値を設定することができる。

【0028】

また、振幅目標値を設定する第2番目の手段は、適応的に振幅目標値を設定する方法である。この第2番目の手段は、以下の通りである。すなわち、観測点目標値設定部は、角振動数に基づき、第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を構成成分に含む式(15)に従って得られる仮想適応信号を第2伝達経路中に仮想的に発生させる仮想適応信号発生部と、第2伝達経路中の第2観測点において周期性信号に基づき生じる第2観測点振動を検出する振動検出部と、仮想適応信号及び第2観測点振動に基づき、仮想観測点において周期性信号に対して仮想適応信号を所定の仮想伝達特性を介して仮想的に加えることにより生じる仮想残差を検出する仮想残差検出部と、角振動数に基づき仮想伝達特性の伝達関数の推定値を算出する仮想伝達関数推定部と、角振動数、仮想残差及び仮想伝達関数推定値に基づき、式(16)(17)又は式(18)(19)に従って式(15)における第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を更新する第2フィルタ係数更新部と、更新された第2振幅フィルタ係数を式(20)に従って振幅目標値に設定する更新目標値設定部と、を備える。10

【0029】

【数7】

$$y2_n = a2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n) \quad \dots \quad (15) \quad \text{20}$$

$y2_n$: 仮想適応信号

$a2_n$: 第2振幅フィルタ係数

$\phi2_n$: 第2位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

【0030】

【数8】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (16) \quad \text{30}$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (17)$$

μ_{a2} : 第2の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi2}$: 第2の位相のステップサイズパラメータ

$Ah2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

【0031】

【数9】

$$a2_{n+1} = a2_n - \mu_{a2} \cdot Ah2 \cdot e2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (18)$$

$$\phi2_{n+1} = \phi2_n - \mu_{\phi2} \cdot Ah2 \cdot a2_n \cdot e2_n \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi2_n + \Phi h2) \quad \dots \quad (19)$$

【0032】

10

20

30

40

50

【数10】

$$a_e = a2_{n+1} \quad \dots \quad (20)$$

【0033】

このように振幅目標値を適応的に設定することで、より高精度に、第2伝達特性に応じた振幅目標値とすることができます一方、演算処理の高速化が要求される。

【0034】

また、振動発生源から対象評価点までの所定の伝達経路が、第1伝達経路及び第1伝達経路と異なる第2伝達経路を含む場合に、観測点目標値設定部は、第2伝達経路の伝達特性に基づき位相目標値を設定するようにするとよい。これにより、第2伝達経路を介して対象評価点に伝達された振動に対して、第1伝達経路中の第1観測点における残差の位相を適切に調整することができる。従って、第2伝達経路を介して伝達された振動に対して相互に打ち消し合うようにすることができ、結果として対象評価点における振動を低減することができる。10

【0035】

そして、第2伝達経路の伝達特性に基づき位相目標値を設定する場合には、以下の2通りがある。

【0036】

位相目標値を設定する第1番目の手段は、観測点目標値設定部は、角振動数に応じた位相目標値を予め記憶し、振動発生源から実際に発生される周期性信号の角振動数に基づき位相目標値を設定するようにする。つまり、予め角振動数毎の位相目標値をマップなどとして記憶しておく、周期性信号の角振動数のみに基づき位相目標値が設定される。これにより、非常に高速に位相目標値を設定することができる。20

【0037】

また、位相目標値を設定する第2番目の手段は、適応的に位相目標値を設定する方法である。この第2番目の手段は、以下の通りである。すなわち、観測点目標値設定部は、角振動数に基づき、第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を構成成分に含む式(21)に従って得られる仮想適応信号を第2伝達経路中に仮想的に発生させる仮想適応信号発生部と、第2伝達経路中の第2観測点において周期性信号に基づき生じる第2観測点振動を検出する振動検出部と、仮想適応信号及び第2観測点振動に基づき、仮想観測点において周期性信号に対して仮想適応信号を所定の仮想伝達特性を介して仮想的に加えることにより生じる仮想残差を検出する仮想残差検出部と、角振動数に基づき仮想伝達特性の伝達関数の推定値を算出する仮想伝達関数推定部と、角振動数、仮想残差及び仮想伝達関数推定値に基づき、式(22)(23)又は式(24)(25)に従って式(21)における第2振幅フィルタ係数及び第2位相フィルタ係数を更新する第2フィルタ係数更新部と、更新された第2位相フィルタ係数を式(26)に従って位相目標値に設定する更新目標値設定部と、を備える。30

【0038】

【数11】

$$y2_n = a2_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi2_n) \quad \dots \quad (21)$$

$y2_n$: 仮想適応信号

$a2_n$: 第2振幅フィルタ係数

$\phi2_n$: 第2位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T×離散時刻n)

【0039】

【数12】

$$\alpha_{2_{n+1}} = \alpha_{2_n} - \mu_{\alpha_2} \cdot Ah2 \cdot e_{2_n} \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi h2) \quad \dots \quad (22)$$

$$\phi_{2_{n+1}} = \phi_{2_n} - \mu_{\phi_2} \cdot e_{2_n} \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi h2) \quad \dots \quad (23)$$

μ_{α_2} : 第2の振幅のステップサイズパラメータ

μ_{ϕ_2} : 第2の位相のステップサイズパラメータ

$Ah2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の振幅成分

10

$\Phi h2$: 仮想伝達特性G2の伝達関数の推定値Gh2の位相成分

e_{2_n} : 仮想残差信号

【0040】

【数13】

$$\alpha_{2_{n+1}} = \alpha_{2_n} - \mu_{\alpha_2} \cdot Ah2 \cdot e_{2_n} \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi h2) \quad \dots \quad (24)$$

$$\phi_{2_{n+1}} = \phi_{2_n} - \mu_{\phi_2} \cdot Ah2 \cdot \alpha_{2_n} \cdot e_{2_n} \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi h2) \quad \dots \quad (25)$$

【0041】

20

【数14】

$$\phi_e = \phi_{2_{n+1}} \quad \dots \quad (26)$$

【0042】

このように位相目標値を適応的に設定することで、より高精度に、第2伝達特性に応じた位相目標値とすることができる一方、演算処理の高速化が要求される。

【発明の効果】

【0043】

本発明の周期性信号の適応制御装置によれば、周期性信号に対して適応信号を加えた場合に、その残差が意図的にゼロにならないようにすることができる。従って、振動発生源から対象評価点までの伝達経路が複数存在する場合に、却って対象評価点における振動が大きくなることを抑制することができ、且つ、振動の山谷のギャップを小さくすることができる。さらに、音色作りを行う際に、残差目標値に相当する信号を利用することができるので、エネルギー効率が向上する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

次に、実施形態を挙げ、本発明をより詳しく説明する。

【0045】

(1) 周期性信号の適応制御装置1の概略説明

40

周期性信号の適応制御装置1(以下、「適応制御装置」という)の概略について、図1~図3を参照して説明する。図1は、第1実施形態及び第2実施形態の周期性信号の適応制御装置1のブロック図を示す。図2は、位相目標値を設定していない場合について説明する図である。図3は、位相目標値を設定した場合について説明する図である。

【0046】

まずは、適応制御装置1を機能させていない場合について説明する。振動発生源2から周期性信号fが発生される。この周期性信号fは、対象評価点3まで伝達される。そして、振動発生源2から対象評価点3までの伝達経路は、第1伝達経路4と第2伝達経路5とが存在する。

【0047】

50

そして、適応制御装置 1 を機能させた場合には、次のようになる。適応制御装置 1 は、第 1 伝達経路 4 中に適応信号 y_{1n} を発生させている。そして、発生された適応信号 y_{1n} は、第 1 伝達特性 G_1 を介することで、信号 z_{1n} となり、当該信号 z_{1n} を周期性信号成分 d_1 に合成させる。ここで、適応制御装置 1 は、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} が後述する残差目標値 e_{target_n} に一致するようにされる。なお、第 1 観測点 7 は、第 1 伝達経路中のうち後述する適応信号発生部 1 1 と対象評価点 3 との間に位置する。

【 0 0 4 8 】

次に、対象評価点 3 における信号レベルをゼロにすることを目標とした場合に、適応制御装置 1 がどのような適応信号 y_n を発生させるべきかについて、図 2 及び図 3 を参照しながら説明する。

10

【 0 0 4 9 】

図 2 及び図 3 において、第 1 伝達経路 4 を介して伝達される周期性信号成分 d_1 （以下、「第 1 伝達信号成分」という）を太実線により示し、第 2 伝達経路 5 を介して伝達される周期性信号成分 d_2 （以下、「第 2 伝達信号成分」という）を太破線により示す。そして、適応制御装置 1 が発生する適応信号 y_n が第 1 伝達特性 G_1 を介した信号 z_{1n} （以下、「適応伝達信号」という）を細実線により示し、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} を細一点鎖線により示す。

【 0 0 5 0 】

図 2においては、第 1 伝達信号成分 d_1 は、第 2 伝達信号成分 d_2 に対して、振幅が約 3 倍であり、位相が 180 度異なる信号成分からなる。このような場合に、対象評価点 3 における信号レベルをゼロにするためには、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} を、第 2 伝達信号成分 d_2 に対して、振幅が同一であり、位相が 180 度異なる信号成分にするとよい。そして、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} は、第 1 伝達信号成分 d_1 と適応伝達信号 z_{1n} との合成信号であるので、適応伝達信号 z_{1n} は、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} から第 1 伝達信号成分 d_1 を減算した信号となる。

20

【 0 0 5 1 】

この場合の適応伝達信号 z_{1n} は、第 1 伝達信号成分 d_1 に対して、振幅が約 3 分の 2 であり、位相が 180 度異なる信号成分からなる。そして、適応制御装置 1 は、第 1 伝達特性 G_1 を介した信号が上記のような適応伝達信号 z_{1n} となるような適応信号 y_{1n} を発生させるとよい。

30

【 0 0 5 2 】

図 3においては、第 1 伝達信号成分 d_1 は、第 2 伝達信号成分 d_2 に対して、振幅が約 3 倍であり、位相が 90 度異なる信号成分からなる。このような場合に、対象評価点 3 における信号レベルをゼロにするためには、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} を、第 2 伝達信号成分 d_2 に対して、振幅が同一であり、位相が 180 度異なる信号成分にするとよい。そして、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} は、第 1 伝達信号成分 d_1 と適応伝達信号 z_{1n} との合成信号であるので、適応伝達信号 z_{1n} は、第 1 観測点 7 における残差 e_{1n} から第 1 伝達信号成分 d_1 を減算した信号となる。

【 0 0 5 3 】

この場合の適応伝達信号 z_{1n} は、第 1 伝達信号成分 d_1 に対して、振幅が僅かに大きくなり、位相が 180 度より僅かに大きな角度異なる信号成分からなる。そして、適応制御装置 1 は、第 1 伝達特性 G_1 を介した信号が上記のような適応伝達信号 z_{1n} となるような適応信号 y_{1n} を発生させるとよい。

40

【 0 0 5 4 】

（ 2 ）第 1 実施形態の適応制御装置 1 の詳細構成

次に、第 1 実施形態の適応制御装置 1 の詳細構成について、図 1 を参照して説明する。ここで、第 1 実施形態の適応制御装置 1 は、残差目標値 e_{target_n} が予め記憶されている場合であって、残差目標値 e_{target_n} には振幅目標値 a_e を含むが、位相目標値 ϕ_e を含まない場合である。

【 0 0 5 5 】

50

第1実施形態の適応制御装置1は、図1に示すように、適応信号発生部11と、第1残差検出部12と、第1推定伝達関数算出部13と、観測点目標値設定部14と、第1フィルタ係数更新部15とから構成される。

【0056】

適応信号発生部11は、振動発生源2から発生される周期性信号fの一次周波数成分の角振動数に基づき、式(51)に従って得られる適応信号 y_{1n} を第1伝達経路4中に発生させる。ここで、適応信号 y_{1n} は、式(51)より明らかのように、第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} を構成成分に含む一次正弦波からなる。そして、第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} は、第1フィルタ係数更新部15により適応的に更新される。

10

【0057】

【数15】

$$y_{1n} = a_{1n} \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{1n}) \quad \dots \quad (51)$$

y_{1n} : 適応信号

a_{1n} : 第1振幅フィルタ係数

ϕ_{1n} : 第1位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

20

t_n : 時間 (サンプリング周期T×離散時刻n)

n : 離散時刻

【0058】

第1残差検出部12は、第1観測点7における残差 e_{1n} を検出する。残差 e_{1n} は、式(52)に示すように、周期性信号fが第1伝達経路4を介して伝達される周期性信号成分d1に、適応伝達信号 z_{1n} を加えることにより生じる信号である。ここで、適応伝達信号 z_{1n} は、適応信号 y_{1n} が第1伝達特性G1を介して伝達された信号である。

【0059】

【数16】

30

$$e_{1n} = d_1 + z_{1n} \quad \dots \quad (52)$$

【0060】

第1推定伝達関数算出部13は、振動発生源2から発生される周期性信号fの一次周波数成分の角振動数に基づき、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値 Gh_1 を算出する。この第1伝達特性G1の伝達関数は、振幅成分と位相成分とが含まれている。つまり、第1推定伝達関数算出部13は、第1伝達特性G1の伝達関数の振幅成分の推定値 Ah_1 と、位相成分の推定値 h_1 とを算出する。例えば、第1推定伝達関数算出部13は、予め、角振動数に応じたそれぞれの推定値 Ah_1 、 h_1 をマップなどとして記憶しておくようにもよい。この場合、実際に振動発生源2から発生された周期性信号fの角振動数と、記憶されているマップデータとにより、それぞれの推定値 Ah_1 、 h_1 を決定する。

40

【0061】

観測点目標値設定部14は、角振動数に基づき残差目標値 $etarget_n$ を設定する。この残差目標値 $etarget_n$ は、第1観測点7における周期性の成分からなり、第1実施形態においては、式(53)のように示される。式(53)に示すように、残差目標値 $etarget_n$ は、振幅目標値 a_e を含み、周期性信号fの位相と同位相となる。そして、振幅目標値 a_e は、角振動数に応じて異なるように設定されている。具体的には、振幅目標値 a_e は、第2周期性信号fが第2伝達経路5を介して対象評価点3に伝達される振幅成分に応じて決定している。すなわち、対象評価点3において、信号レベルが小さくなるように、且つ

50

、周波数毎における信号レベルの山谷の差が小さくなるように設定している。

【0062】

【数17】

$$et\arg et_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (53)$$

$et\arg et_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

10

【0063】

第1フィルタ係数更新部15は、角振動数 ω 、第1観測点7における残差 e_{1n} 、第1伝達関数推定値 Gh_1 (Ah_1 、 h_1)及び残差目標値 $et\arg et_n$ に基づき、式(54)(55)に従って、第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} を更新する。そして、第1フィルタ係数更新部15により更新された第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} により、適応信号発生部11の適応信号 y_{1n} の第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} を更新する。

【0064】

【数18】

$$a_{1n+1} = a_{1n} - \mu_{a1} \cdot Ah_1 \cdot (e_{1n} - et\arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{1n} + \Phi h_1) \quad \dots \quad (54)$$

20

$$\phi_{1n+1} = \phi_{1n} - \mu_{\phi1} \cdot Ah_1 \cdot a_{1n} \cdot (e_{1n} - et\arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{1n} + \Phi h_1) \quad \dots \quad (55)$$

μ_{a1} : 第1の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi1}$: 第1の位相のステップサイズパラメータ

Ah_1 : 第1伝達特性 G_1 の伝達関数の推定値 Gh_1 の振幅成分

Φh_1 : 第1伝達特性 G_1 の伝達関数の推定値 Gh_1 の位相成分

e_{1n} : 残差信号

30

【0065】

ここで、上述した第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} の更新式(54)(55)の決定方法について説明する。

【0066】

まず、評価関数 J を式(56)のように、残差 e_{1n} と残差目標値 $et\arg et_n$ との差の二乗で定義する。また、残差 e_{1n} は、式(57)のように表すことができる。そして、最小二乗法による勾配ベクトル η_n は、式(58)に示すように表される。

【0067】

【数19】

$$J_n = (e1_n - et \arg et_n)^2 \quad \dots \quad (56)$$

$$\begin{aligned} e1_n &= d1 + z1_n \\ &= d1 + [Ah1 \cdot al_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_n + \Phi h1)] \end{aligned} \quad \dots \quad (57)$$

$$\begin{aligned} \nabla_n &= \frac{\partial J_n}{\partial W1_n} = \begin{pmatrix} \frac{\partial J_n}{\partial al_n} \\ \frac{\partial J_n}{\partial \phi1_n} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2 \cdot Ah1 \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \\ 2 \cdot Ah1 \cdot al_n \cdot (e1_n - et \arg et_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad \dots \quad (58) \quad 10$$

【0068】

そして、勾配ベクトル ∇_n の各成分に適切なステップサイズパラメータを乗じて第1フィルタ係数ベクトル $W1_n$ (al_{1n} , ϕ_{1n}) から減算したものが、式(54) (55)の更新される第1振幅フィルタ係数 $a1_n$ 及び第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$ となる。

【0069】

以上のように構成することで、第1観測点7における残差 $e1_n$ が残差目標値 $etarget_n$ に一致するように収束させることができる。そして、対象評価点3においては、周期性信号 f が第2伝達経路5を介して伝達された周期性信号成分 $d2$ に残差 $e1_n$ が加えられた信号が生じる。仮に、図2に示したように、周期性信号成分 $d2$ と残差 $e1_n$ とが、振幅が同一であって、位相が180度異なる場合には、対象評価点3における信号はゼロとなる。

【0070】

(3) 第1実施形態の第1変形態様

上記第1実施形態においては、適応信号 $y1_n$ は、一次正弦波としたが、複数の次数成分を含む周期性信号としてもよい。この場合の適応信号 $y1_n$ は、式(59)にて表すことができる。

【0071】

【数20】

$$y1_n = \sum_{k=1}^M al_{kn} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t_n + \phi_{1kn}) \quad \dots \quad (59)$$

k : 次数

M : 最大次数

al_{kn} : k 次成分の第1振幅フィルタ係数 $a1_n$

ϕ_{1kn} : k 次成分の第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$

【0072】

この場合、観測点目標値設定部14において、残差目標値 $etarget_n$ の振幅目標値 a_e を角振動数 及び次数 k に応じて異なるように設定することができる。このように、特定の次数成分を除去、若しくは、残すことにより、良好な音色の生成に効果を発揮する。

【0073】

(4) 第1実施形態の第2変形態様

また、上記第1実施形態において、第1フィルタ係数更新部15における第1位相フィ

10

20

30

40

50

ルタ係数 1_n の更新式(55)を下記の式(60)に置き換えてよい。この更新式(60)は、上記第1実施形態における更新式(55)の第1伝達特性G1の伝達関数の推定値の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1n} を消去した式である。

【0074】

【数21】

$$\phi_{1_{n+1}} = \phi_{1_n} - \mu_{\phi_1} \cdot (e_{1_n} - e \arg e_{t_n}) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{1_n} + \Phi h1) \quad \dots \quad (60)$$

【0075】

このように、第1位相フィルタ係数 1_n の更新式(60)を用いた場合には、更新式(55)を用いた場合に比べて、収束性はほとんど変わらない。そして、更新式(60)によれば、第1伝達特性G1の伝達関数の推定値の振幅成分Ah1及び第1振幅フィルタ係数 a_{1n} を演算処理する必要がないため、演算負荷を低減することができる。このことは、演算処理能力の低いマイクロコンピュータを用いることができ、結果として低コスト化を図ることができる。

【0076】

(5) 第2実施形態の適応制御装置1の詳細構成

次に、第2実施形態の適応制御装置1の詳細構成について説明する。ここで、第2実施形態の適応制御装置1は、残差目標値 e_{target_n} が予め記憶されている場合であって、残差目標値 e_{target_n} には振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e を含む場合である。この第2実施形態の適応制御装置1の構成は、上述した第1実施形態の適応制御装置1の構成と同一構成からなる。ただし、観測点目標値設定部14が異なる。以下、第1実施形態と異なる点のみについて説明する。

【0077】

第2実施形態の観測点目標値設定部14は、角振動数 ω に基づき残差目標値 e_{target_n} を設定する。この残差目標値 e_{target_n} は、第1観測点7における周期性の成分からなり、第2実施形態においては、式(61)のように示される。式(61)に示すように、残差目標値 e_{target_n} は、振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e を含み、周期性信号fの位相と異なる位相とすることができます。そして、振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e は、それぞれ角振動数 ω に応じて異なるように設定されている。具体的には、振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e は、第2周期性信号fが第2伝達経路5を介して対象評価点3に伝達される振幅成分及び位相成分に応じて決定している。すなわち、対象評価点3において、信号レベルが小さくなるように、且つ、周波数毎における信号レベルの山谷の差が小さくなるように設定している。

【0078】

【数22】

$$e \arg e_{t_n} = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (61)$$

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

【0079】

この残差目標値 e_{target_n} に基づいて、第1フィルタ係数更新部15にて第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 1_n が更新される。そして、第1フィルタ係数更新部15により更新された第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 1_n により、適応信号発生部11の適応信号 y_n の第1振幅フィルタ係数 a_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 1_n を更新する。

【0080】

10

20

30

40

50

以上のように構成することで、第1観測点7における残差 e_{1n} が残差目標値 $etarget_n$ に一致するように収束させることができる。そして、対象評価点3においては、周期性信号fが第2伝達経路5を介して伝達された周期性信号成分d2に残差 e_{1n} が加えられた信号が生じる。仮に、図3に示したように、第1伝達経路4を介して伝達された周期性信号成分d1の位相と第2伝達経路5を介して伝達された周期性信号成分d2の位相とが異なる場合であっても、周期性信号成分d2と残差 e_{1n} とが、振幅が同一であって、位相が180度異なるようにすることができる。従って、対象評価点3における信号はゼロとすることができます。

【0081】

なお、第2実施形態の適応制御装置1において、上述した第1実施形態の第1変形態様及び第2変形態様に記載の事項について、同様に適用することができる。 10

【0082】

(6) 第3実施形態の適応制御装置100の詳細構成

次に、第3実施形態の適応制御装置100の詳細構成について、図4を参照して説明する。ここで、第3実施形態の適応制御装置100は、残差目標値 $etarget_n$ が適応的に設定される場合であって、残差目標値 $etarget_n$ には振幅目標値 a_e を含むが、位相目標値 ϕ_e を含まない場合である。

【0083】

図4は、第3実施形態及び後述する第4実施形態の適応制御装置100のブロック図を示す。第3実施形態の適応制御装置100において、上述した第1実施形態の適応制御装置1と同一構成については同一符号を付して詳細な説明を省略する。つまり、第3実施形態の適応制御装置100は、第1実施形態の適応制御装置1に対して、観測点目標値設定部110のみが相違する。以下、観測点目標値設定部110のみについて説明する。 20

【0084】

観測点目標値設定部110は、残差目標値 $etarget_n$ を適応的に設定する。この観測点目標値設定部110は、仮想適応信号発生部111と、振動検出部112と、仮想残差検出部113と、仮想伝達関数推定部114と、第2フィルタ係数更新部115と、更新目標値設定部116とから構成される。 30

【0085】

仮想適応信号発生部111は、振動発生源2から発生される周期性信号fの一次周波数成分の角振動数 ω に基づき、式(62)に従って得られる仮想適応信号 y_{2n} を第2伝達経路5中に仮想的に発生させる。ここで、仮想適応信号 y_{2n} は、式(62)から明らかのように、第2振幅フィルタ係数 a_{2n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2n} を構成成分に含む一次正弦波からなる。そして、第2振幅フィルタ係数 a_{2n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2n} は、第2フィルタ係数更新部115により適応的に更新される。 30

【0086】

【数23】

$$y_{2n} = a_{2n} \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{2n}) \quad \dots \quad (62)$$

40

y_{2n} : 仮想適応信号

a_{2n} : 第2振幅フィルタ係数

ϕ_{2n} : 第2位相フィルタ係数

ω : 周波数信号の特定周波数成分の角振動数

t_n : 時間 (サンプリング周期T × 離散時刻n)

【0087】

振動検出部112は、第2伝達経路5中の第2観測点8において周期性信号fに基づき 50

生じる第2観測点振動 d_2 を検出する。この第2観測点振動 d_2 は、周期性信号 f が第2伝達特性 G_2 を介して伝達された振動である。

【0088】

仮想残差検出部113は、仮想観測点9における仮想残差 e_{2_n} を検出(算出)する。この仮想残差 e_{2_n} は、式(63)に示すように、周期性信号 f が第2伝達経路5を介して伝達される第2観測点振動 d_2 に、仮想適応信号 y_{2_n} が仮想伝達特性 G_2 を介して仮想的に加えることにより生じる信号である。つまり、仮想残差検出部113は、仮想適応信号 y_{2_n} 及び第2観測点振動 d_2 に基づき、仮想残差 e_{2_n} を検出する。

【0089】

【数24】

10

$$e_{2_n} = d_2 + z_{2_n} \quad \dots \quad (63)$$

【0090】

仮想伝達関数推定部114は、振動発生源2から発生される周期性信号 f の一次周波数成分の角振動数 ω に基づき、仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の推定値 G_{h2} を算出する。この仮想伝達特性 G_2 の伝達関数は、振幅成分と位相成分とが含まれている。つまり、仮想伝達関数推定部114は、仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の振幅成分の推定値 A_{h2} と、位相成分の推定値 ϕ_{h2} とを算出する。例えば、仮想伝達関数推定部114は、予め、角振動数 ω に応じたそれぞれの推定値 A_{h2} 、 ϕ_{h2} をマップなどとして記憶しておくようにしてもよい。この場合、実際に振動発生源2から発生された周期性信号 f の角振動数 ω と、記憶されているマップデータとにより、それぞれの推定値 A_{h2} 、 ϕ_{h2} を決定する。

20

【0091】

第2フィルタ係数更新部115は、角振動数 ω 、仮想残差 e_{2_n} 及び仮想伝達関数推定値 G_{h2} (A_{h2} 、 ϕ_{h2})に基づき、式(64)(65)に従って、第2振幅フィルタ係数 a_{2_n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} を更新する。そして、第2フィルタ係数更新部115により更新された第2振幅フィルタ係数 a_{2_n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} により、仮想適応信号発生部111の適応信号 y_{2_n} の第2振幅フィルタ係数 a_{2_n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} を更新する。

【0092】

30

【数25】

$$a_{2_{n+1}} = a_{2_n} - \mu_{a2} \cdot A_{h2} \cdot e_{2_n} \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi_{h2}) \quad \dots \quad (64)$$

$$\phi_{2_{n+1}} = \phi_{2_n} - \mu_{\phi2} \cdot A_{h2} \cdot a_{2_n} \cdot e_{2_n} \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi_{h2}) \quad \dots \quad (65)$$

μ_{a2} : 第2の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi2}$: 第2の位相のステップサイズパラメータ

A_{h2} : 仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の推定値 G_{h2} の振幅成分

40

Φ_{h2} : 仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の推定値 G_{h2} の位相成分

e_{2_n} : 仮想残差信号

【0093】

ここで、上述した第2振幅フィルタ係数 a_{2_n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} の更新式(64)(65)の決定方法、第1実施形態における第1振幅フィルタ係数 a_{1_n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1_n} の更新式(54)(55)の決定方法と実質的に同一である。

【0094】

50

更新目標値設定部 116 は、第 2 フィルタ係数更新部 115 により更新された第 2 振幅フィルタ係数 a_{2_n} を式(66)に従って振幅目標値 a_e に設定する。さらに、更新目標値設定部 116 は、更新設定された振幅目標値 a_e を含む残差目標値 $etarget_n$ を式(67)に従って設定する。そして、設定された残差目標値 $etarget_n$ に従って、第 1 フィルタ係数更新部 15 の残差目標値 $etarget_n$ が更新される。

【0095】

【数26】

$$a_e = a_{2_{n+1}} \quad \dots \quad (66)$$

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (67) \quad 10$$

【0096】

以上のように構成することで、第 1 観測点 7 における残差 e_{1_n} が残差目標値 $etarget_n$ に一致するように収束させることができる。そして、残差目標値 $etarget_n$ は、第 2 観測点振動に適応的に一致するようにしている。従って、対象評価点 3 においては、周期性信号 f が第 2 伝達経路 5 を介して伝達された周期性信号成分 d_2 に残差 e_{1_n} が加えられた信号は、ゼロとなる。

【0097】

(7) 第 3 実施形態の第 1 変形態様

また、上記第 3 実施形態において、第 2 フィルタ係数更新部 115 における第 2 位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} の更新式(65)を下記の式(68)に置き換えるてもよい。この更新式(68)は、上記第 3 実施形態における更新式(65)の仮想伝達特性の伝達関数の推定値の振幅成分 A_{h2} 及び第 2 振幅フィルタ係数 a_{2_n} を消去した式である。

【0098】

【数27】

$$\phi_{2_{n+1}} = \phi_{2_n} - \mu_{\phi_2} \cdot e_{2_n} \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{2_n} + \Phi h2) \quad \dots \quad (68)$$

【0099】

このように、第 2 位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} の更新式(68)を用いた場合には、更新式(65)を用いた場合に比べて、収束性はほとんど変わらない。そして、更新式(68)によれば、仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の推定値の振幅成分 A_{h2} 及び第 2 振幅フィルタ係数 a_{2_n} を演算処理する必要がないため、演算負荷を低減することができる。このことは、演算処理能力の低いマイクロコンピュータを用いることができ、結果として低コスト化を図ることができる。

【0100】

(8) 第 4 実施形態の適応制御装置 100 の詳細構成

次に、第 4 実施形態の適応制御装置 100 の詳細構成について説明する。ここで、第 4 実施形態の適応制御装置 100 は、残差目標値 $etarget_n$ が適応的に設定される場合であつて、残差目標値 $etarget_n$ には振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e を含む場合である。この第 4 実施形態の適応制御装置 100 の構成は、上述した第 3 実施形態の適応制御装置 100 の構成と同一構成からなる。ただし、更新目標値設定部 116 が異なる。以下、第 3 実施形態と異なる点のみについて説明する。

【0101】

第 4 実施形態の更新目標値設定部 116 は、第 2 フィルタ係数更新部 115 により更新された第 2 振幅フィルタ係数 a_{2_n} 及び第 2 位相フィルタ係数 ϕ_{2_n} を式(69)(70)に従って振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e に設定する。さらに、更新目標値設定部 116 は、更新設定された振幅目標値 a_e 及び位相目標値 ϕ_e を含む残差目標値 $etarget_n$ を式(71)に従って設定する。そして、設定された残差目標値 $etarget_n$ に従って、第 1 フィルタ係数更新部 15 の残差目標値 $etarget_n$ が更新される。

【 0 1 0 2 】

【 数 2 8 】

$$\alpha_e = \alpha_2_{n+1} \quad \dots \quad (69)$$

$$\phi_e = \phi_2_{n+1} \quad \dots \quad (70)$$

$$et\arg et_n = \alpha_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (71)$$

【 0 1 0 3 】

以上のように構成することで、第1観測点7における残差 e_{1_n} が残差目標値 $etarget_n$ に一致するように収束させることができる。そして、残差目標値 $etarget_n$ は、第2観測点振動に適応的に一致するようにしている。従って、仮に、図3に示したように、第1伝達経路4を介して伝達された周期性信号成分 d_1 の位相と第2伝達経路5を介して伝達された周期性信号成分 d_2 の位相とが異なる場合であっても、対象評価点3においては、周期性信号fが第2伝達経路5を介して伝達された周期性信号成分 d_2 に残差 e_{1_n} が加えられた信号は、ゼロとすることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 4 】

【図1】第1実施形態及び第2実施形態の周期性信号の適応制御装置1のブロック図を示す。

10

20

【図2】位相目標値を設定していない場合について説明する図である。

【図3】位相目標値を設定した場合について説明する図である。

【図4】第3実施形態及び第4実施形態の周期性信号の適応制御装置100のブロック図を示す。

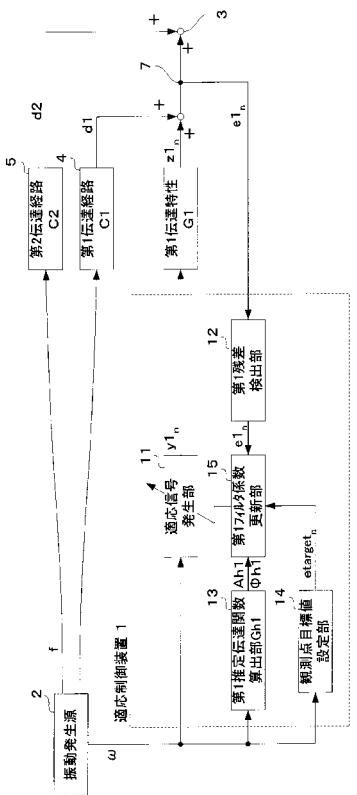
【 符号の説明 】

【 0 1 0 5 】

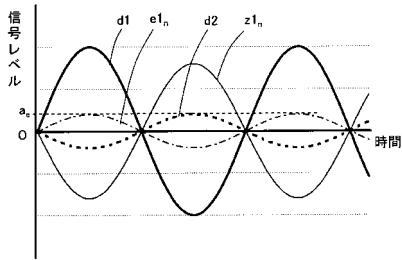
1、100：周期性信号の適応制御装置、

3：対象評価点、 7：第1観測点、 8：第2観測点、 9：仮想観測点

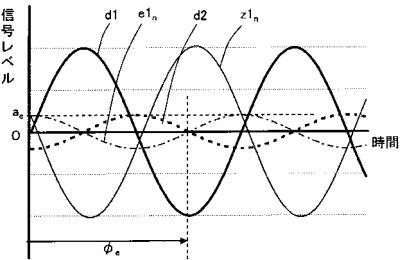
【図1】



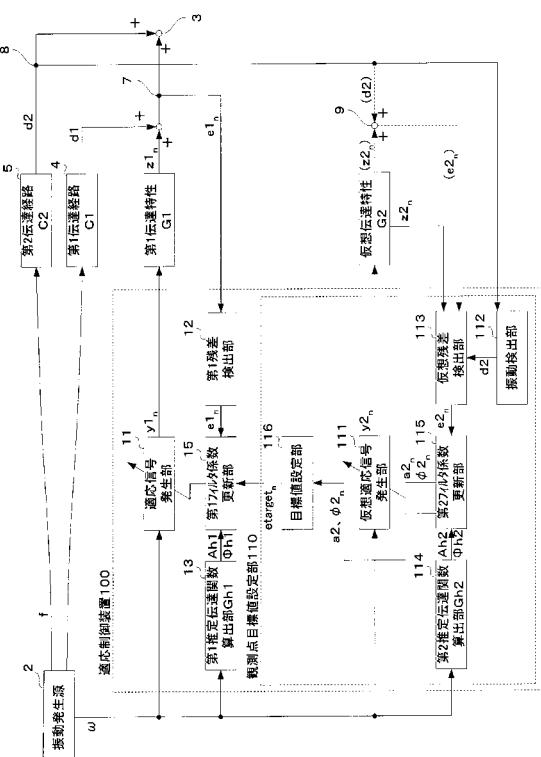
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-195089(JP,A)
特開平06-138888(JP,A)
特開平09-319403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 10 K 11 / 178
F 16 F 15 / 02
G 10 K 11 / 16