

(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.

F I

G 1 O K 11/178 (2006.01)

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經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】

10

20

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

20

t_n : 時間 (サンプリング周期 T × 離散時刻 n)

n : 離散時刻

【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 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 の振幅成分

$\Phi h1$: 第 1 伝達特性 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 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】

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

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

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (11)$$

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

$\Phi h1$: 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

$etarget_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

30

【数6】

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (14)$$

40

【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 (1 5) 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、

10

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 (1 6) (1 7) 又は式 (1 8) (1 9) に従って式 (1 5) 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 (2 0) 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】

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

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 (サンプル周期 T × 離散時刻 n)

【数 8】

30

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

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

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 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の位相成分

40

$e2_n$: 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 1 0】

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

【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 1 1】

30

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

$y2_n$: 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)

40

【数 1 2】

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

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

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 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

10

【数 1 3】

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

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

【数 1 4】

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

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場合には、対象評価点における振動をゼロ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・騒音をゼロにしてい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。従って、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。

【 0 0 1 3 】

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。

【 0 0 1 4 】

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。

【 0 0 1 5 】

【 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 $T \times$ 離散時刻 n)

n : 離散時刻

【 0 0 1 6 】

【 数 2 】

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (4)$$

μ_{a1} : 第 1 の振幅のステップサイズパラメータ

$\mu_{\phi1}$: 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 G_1 の伝達関数の推定値 G_{h1} の振幅成分

$\Phi h1$: 第 1 伝達特性 G_1 の伝達関数の推定値 G_{h1} の位相成分

$e1_n$: 残差信号

$etarget_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

【 0 0 1 7 】

【数 3】

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (7)$$

【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a1_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a1_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。

10

【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よい。

20

【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。

30

【0021】

【数 4】

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

y1_n : 適応信号

a1_n : 第1振幅フィルタ係数

φ1_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

40

【0022】

【数 5】

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (11)$$

μ_{a1} : 第 1 の振幅のステップサイズパラメータ

10

$\mu_{\phi1}$: 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 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 の振幅成分

$\Phi h1$: 第 1 伝達特性 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 の位相成分

$e1_n$: 残差信号

$etarget_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

【 0 0 2 3 】

20

【数 6】

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

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

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (14)$$

【 0 0 2 4 】

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) (1 0) (1 1) に従って更新する場合と、式 (1 2) (1 3) (1 4) に従って更新する場合とがあるが、これらはど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 (1 0) には、第 1 伝達特性 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 の振幅成分 A h 1 及び第 1 振幅フィルタ係数 $a1_n$ が含まれていない。一方、第 1 位相フィルタ係数の更新式 (1 3) には、第 1 伝達特性 G 1 の伝達関数の推定値 G h 1 の振幅成分 A h 1 及び第 1 振幅フィルタ係数 $a1_n$ 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 (1 0) を用いる場合には、式 (1 3) 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

【 0 0 2 5 】

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

【 0 0 2 6 】

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。

【 0 0 2 7 】

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。

【 0 0 2 8 】

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 (1 5) 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 (1 6) (1 7) 又は式 (1 8) (1 9) に従って式 (1 5) 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 (2 0) 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。

【 0 0 2 9 】

【 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 (サンプル周期 $T \times$ 離散時刻 n)

【 0 0 3 0 】

【 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 G_2 の伝達関数の推定値 G_h2 の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性 G_2 の伝達関数の推定値 G_h2 の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

【 0 0 3 1 】

【 数 9 】

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

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

【 0 0 3 2 】

【数 1 0】

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

【0 0 3 3】

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る一方、演算処理の高速化が要求される。

【0 0 3 4】

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

【0 0 3 5】

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。

【0 0 3 6】

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き、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

【0 0 3 7】

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

【0 0 3 8】

【数 1 1】

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

40

$y2_n$: 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)

【0 0 3 9】

50

【数 1 2】

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

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

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 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の振幅成分

$\Phi h2$: 仮想伝達特性 G 2 の伝達関数の推定値 G h 2 の位相成分

$e2_n$: 仮想残差信号

10

【0 0 4 0】

【数 1 3】

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

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

【0 0 4 1】

【数 1 4】

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

20

【0 0 4 2】

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】

【0 0 4 3】

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】

【0 0 4 4】

次に、実施形態を挙げ、本発明をより詳しく説明する。

【0 0 4 5】

(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。

【0 0 4 6】

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。

【0 0 4 7】

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 $etarget_n$ 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 11 と対象評価点 3 との間に位置する。

【0048】

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。

【0049】

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。

【0050】

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。

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

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。

【0054】

(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 $etarget_n$ が予め記憶されている場合であって、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。

【0055】

10

20

30

40

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 1 1 と、第 1 残差検出部 1 2 と、第 1 推定伝達関数算出部 1 3 と、観測点目標値設定部 1 4 と、第 1 フィルタ係数更新部 1 5 とから構成される。

【 0 0 5 6 】

適応信号発生部 1 1 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 (5 1) に従って得られる適応信号 y_n を第 1 伝達経路 4 中に発生させる。ここで、適応信号 y_n は、式 (5 1) より明らかなように、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 1 5 により適応的に更新される。

10

【 0 0 5 7 】

【 数 1 5 】

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

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 $T \times$ 離散時刻 n)

n : 離散時刻

【 0 0 5 8 】

第 1 残差検出部 1 2 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 (5 2) 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 d_{1n} 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 G_1 を介して伝達された信号である。

【 0 0 5 9 】

【 数 1 6 】

30

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

【 0 0 6 0 】

第 1 推定伝達関数算出部 1 3 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 G_1 の伝達関数の推定値 G_{h1} を算出する。この第 1 伝達特性 G_1 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 1 3 は、第 1 伝達特性 G_1 の伝達関数の振幅成分の推定値 A_{h1} と、位相成分の推定値 ϕ_{h1} とを算出する。例えば、第 1 推定伝達関数算出部 1 3 は、予め、角振動数 に応じたそれぞれの推定値 A_{h1} 、 ϕ_{h1} 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 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_{h1} 、 ϕ_{h1} を決定する。

40

【 0 0 6 1 】

観測点目標値設定部 1 4 は、角振動数 に基づき残差目標値 $e_{targetn}$ を設定する。この残差目標値 $e_{targetn}$ 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 (5 3) のように示される。式 (5 3) に示すように、残差目標値 $e_{targetn}$ 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。

【 0 0 6 2 】

【 数 1 7 】

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (53)$$

$etarget_n$: 残差目標値

a_e : 振幅目標値

10

【 0 0 6 3 】

第1フィルタ係数更新部15は、角振動数、第1観測点7における残差 $e1_n$ 、第1伝達関数推定値 $Gh1$ ($Ah1$ 、 $h1$) 及び残差目標値 $etarget_n$ に基づき、式(54)(55)に従って、第1振幅フィルタ係数 $a1_n$ 及び第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$ 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 $a1_n$ 及び第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$ により、適応信号発生部11の適応信号 $y1_n$ の第1振幅フィルタ係数 $a1_n$ 及び第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$ を更新する。

【 0 0 6 4 】

【 数 1 8 】

$$a1_{n+1} = a1_n - \mu_{a1} \cdot Ah1 \cdot (e1_n - etarget_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (54)$$

20

$$\phi1_{n+1} = \phi1_n - \mu_{\phi1} \cdot Ah1 \cdot a1_n \cdot (e1_n - etarget_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \quad \dots \quad (55)$$

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

$Ah1$: 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

30

【 0 0 6 5 】

ここで、上述した第1振幅フィルタ係数 $a1_n$ 及び第1位相フィルタ係数 $\phi1_n$ の更新式(54)(55)の決定方法について説明する。

【 0 0 6 6 】

まず、評価関数Jを式(56)のように、残差 $e1_n$ と残差目標値 $etarget_n$ との差の二乗で定義する。また、残差 $e1_n$ 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 ϕ_n は、式(58)に示すように表される。

【 0 0 6 7 】

【数 19】

$$J_n = (e1_n - etarget_n)^2 \quad \dots \quad (56)$$

$$\begin{aligned} e1_n &= d1 + z1_n \\ &= d1 + [Ahl \cdot a1_n \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_n + \Phi h1)] \end{aligned} \quad \dots \quad (57)$$

$$\begin{aligned} \nabla_n &= \frac{\partial J_n}{\partial W1_n} = \begin{pmatrix} \frac{\partial J_n}{\partial a1_n} \\ \frac{\partial J_n}{\partial \phi1_n} \end{pmatrix} \quad \dots \quad (58) \\ &= \begin{pmatrix} 2 \cdot Ah1 \cdot (e1_n - etarget_n) \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \\ 2 \cdot Ah1 \cdot a1_n \cdot (e1_n - etarget_n) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi1_n + \Phi h1) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

【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 $W1_n$ ($a1_n$ 、 $\phi1_n$) 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】

$$y1_n = \sum_{k=1}^M a1_{kn} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t_n + \phi1_{kn}) \quad \dots \quad (59)$$

k : 次数

M : 最大次数

$a1_{kn}$: k 次成分の第 1 振幅フィルタ係数 $a1_n$

$\phi1_{kn}$: 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) に置き換えてもよい。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 G 1 の伝達関数の推定値の振幅成分 A_{h1} 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】

$$\phi_{1n+1} = \phi_{1n} - \mu_{\phi_1} \cdot (e_{1n} - e_{targ_{et_n}}) \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{1n} + \Phi_{h1}) \quad \dots \quad (60)$$

【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 G 1 の伝達関数の推定値の振幅成分 A_{h1} 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 $e_{targ_{et_n}}$ が予め記憶されている場合であって、残差目標値 $e_{targ_{et_n}}$ 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 f に基づき残差目標値 $e_{targ_{et_n}}$ を設定する。この残差目標値 $e_{targ_{et_n}}$ 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 $e_{targ_{et_n}}$ 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る。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 f 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】

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

a_e : 振幅目標値

ϕ_e : 位相目標値

【0079】

この残差目標値 $e_{targ_{et_n}}$ 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 $e_{targetn}$ 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 d_2 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 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 の位相とが異なるような場合であっても、周期性信号成分 d_2 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る。

【 0 0 8 1 】

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。

【 0 0 8 2 】

(6) 第 3 実施形態の適応制御装置 1 0 0 の詳細構成

次に、第 3 実施形態の適応制御装置 1 0 0 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 1 0 0 は、残差目標値 $e_{targetn}$ が適応的に設定される場合であって、残差目標値 $e_{targetn}$ 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 8 3 】

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 1 0 0 のブロック図を示す。第 3 実施形態の適応制御装置 1 0 0 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 1 0 0 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 1 1 0 のみが相違する。以下、観測点目標値設定部 1 1 0 のみについて説明する。

【 0 0 8 4 】

観測点目標値設定部 1 1 0 は、残差目標値 $e_{targetn}$ を適応的に設定する。この観測点目標値設定部 1 1 0 は、仮想適応信号発生部 1 1 1 と、振動検出部 1 1 2 と、仮想残差検出部 1 1 3 と、仮想伝達関数推定部 1 1 4 と、第 2 フィルタ係数更新部 1 1 5 と、更新目標値設定部 1 1 6 とから構成される。

【 0 0 8 5 】

仮想適応信号発生部 1 1 1 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 (6 2) 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 (6 2) 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 1 1 5 により適応的に更新される。

【 0 0 8 6 】

【 数 2 3 】

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

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 $T \times$ 離散時刻 n)

【 0 0 8 7 】

振動検出部 1 1 2 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

10

20

30

40

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_{2n} を検出(算出)する。この仮想残差 e_{2n} 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_{2n} 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_{2n} 及び第2観測点振動 d_2 に基づき、仮想残差 e_{2n} を検出する。

【0089】

【数24】

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

10

【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、仮想残差 e_{2n} 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_{2n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2n} 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_{2n} 及び第2位相フィルタ係数 ϕ_{2n} により、仮想適応信号発生部111の適応信号 y_{2n} の第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} を更新する。

【0092】

【数25】

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

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

30

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

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_{2n} : 仮想残差信号

40

【0093】

ここで、上述した第2振幅フィルタ係数 a_{2n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} 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_{1n} 及び第1位相フィルタ係数 ϕ_{1n} の更新式(54)(55)の決定方法と実質的に同一である。

【0094】

50

更新目標値設定部 1 1 6 は、第 2 フィルタ係数更新部 1 1 5 により更新された第 2 振幅フィルタ係数 a_{2n} を式 (6 6) 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 1 1 6 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 (6 7) 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 1 5 の残差目標値 $etarget_n$ が更新される。

【 0 0 9 5 】

【 数 2 6 】

$$a_e = a_{2n+1} \quad \dots \quad (6 6)$$

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n) \quad \dots \quad (6 7)$$

10

【 0 0 9 6 】

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、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_{1n} が加えられた信号は、ゼロとなる。

【 0 0 9 7 】

(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 1 1 5 における第 2 位相フィルタ係数 2_n の更新式 (6 5) を下記の式 (6 8) に置き換えてもよい。この更新式 (6 8) は、上記第 3 実施形態における更新式 (6 5) 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_{2n} を消去した式である。

20

【 0 0 9 8 】

【 数 2 7 】

$$\phi_{2n+1} = \phi_{2n} - \mu_{\phi_2} \cdot e_{2n} \cdot \cos(\omega \cdot t_n + \phi_{2n} + \Phi_{h2}) \quad \dots \quad (6 8)$$

【 0 0 9 9 】

このように、第 2 位相フィルタ係数 2_n の更新式 (6 8) を用いた場合には、更新式 (6 5) 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 (6 8) 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_{2n} 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。

30

【 0 1 0 0 】

(8) 第 4 実施形態の適応制御装置 1 0 0 の詳細構成

次に、第 4 実施形態の適応制御装置 1 0 0 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 1 0 0 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 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 1 0 0 の構成は、上述した第 3 実施形態の適応制御装置 1 0 0 の構成と同一構成からなる。ただし、更新目標値設定部 1 1 6 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。

40

【 0 1 0 1 】

第 4 実施形態の更新目標値設定部 1 1 6 は、第 2 フィルタ係数更新部 1 1 5 により更新された第 2 振幅フィルタ係数 a_{2n} 及び第 2 位相フィルタ係数 2_n を式 (6 9) (7 0) 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 1 1 6 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 (7 1) 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 1 5 の残差目標値 $etarget_n$ が更新される。

50

【 0 1 0 2 】

【 数 2 8 】

$$a_e = a2_{n+1} \quad \dots \quad (69)$$

$$\phi_e = \phi2_{n+1} \quad \dots \quad (70)$$

$$etarget_n = a_e \cdot \sin(\omega \cdot t_n + \phi_e) \quad \dots \quad (71)$$

【 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 $e1_n$ 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、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 $d1$ 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 $d2$ の位相とが異なるような場合であっても、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 $d2$ に残差 $e1_n$ が加えられた信号は、ゼロとすることができる。

10

【 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。

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。

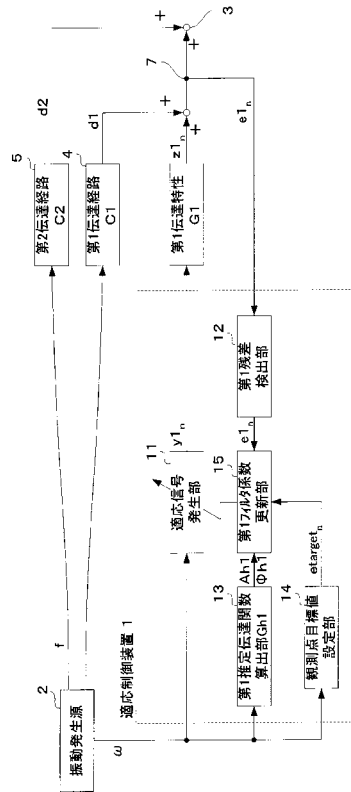
【 符号の説明 】

【 0 1 0 5 】

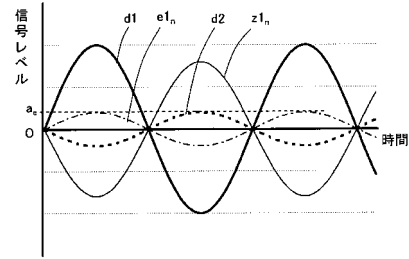
1、100：周期性信号の適応制御装置、

3：対象評価点、 7：第 1 観測点、 8：第 2 観測点、 9：仮想観測点

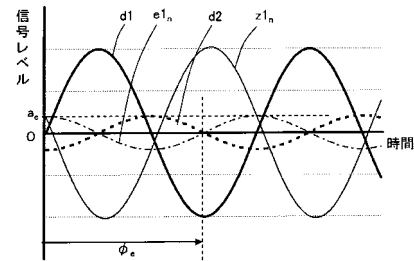
【 図 1 】



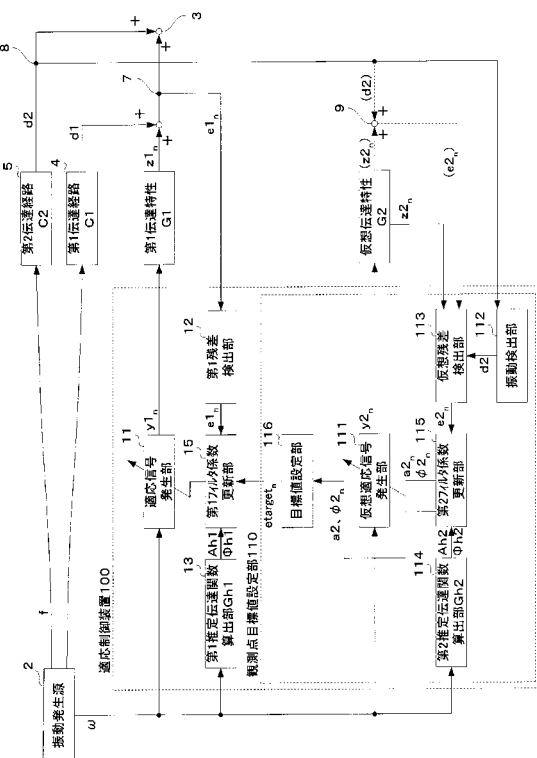
【 図 2 】



【 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)
G10K 11/178
F16F 15/02
G10K 11/16