

(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2010-12813

(P2010-12813A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
B 6 O R 11/02	(2006.01)	B 6 O R	11/02	B	3 D O 2 O
G 1 O K 11/178	(2006.01)	G 1 O K	11/16	H	5 D O 6 I

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-172100 (P2008-172100)	(71) 出願人	000005326
(22) 出願日	平成20年7月1日(2008.7.1)		本田技研工業株式会社
			東京都港区南青山二丁目1番1号
		(74) 代理人	100077665
			弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100142066
			弁理士 鹿島 直樹
		(74) 代理人	100126468
			弁理士 田久保 泰夫
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治

最終頁に続く

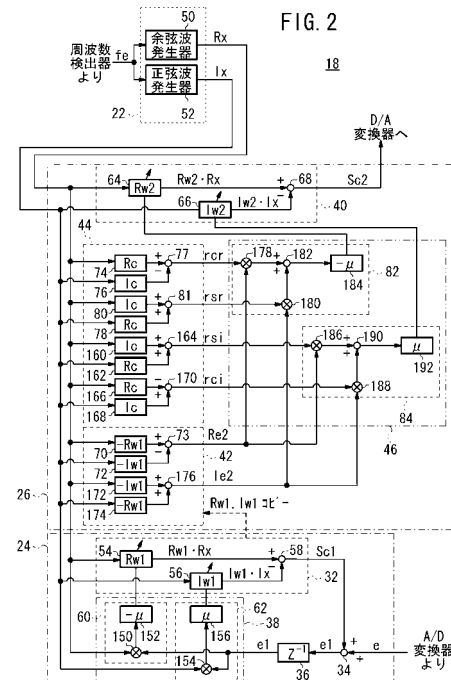
(54) 【発明の名称】 能動型振動騒音制御装置

(57) 【要約】

【課題】 打消対象の振動騒音を確実に低減する。

【解決手段】 能動型振動騒音制御装置において、第1制御器24は、補正誤差信号e1及び回転周波数feの余弦波信号Rxに基づいてフィルタ係数Rw1を逐次更新すると共に、補正誤差信号e1及び回転周波数feの正弦波信号Ixに基づいてフィルタ係数Iw1を逐次更新し、更新したフィルタ係数Rw1、Iw1を誤差信号eの振幅及び位相を表現できる位相・振幅係数として抽出する。第2制御器26は、抽出されたフィルタ係数Rw1、Iw1を用いて回転周波数feにおける誤差信号e2の実数成分Re2及び虚数成分Ie2を生成する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

打消対象の振動騒音の周波数に基づく基準信号を生成する基準信号生成器と、
前記基準信号に基づいて前記振動騒音を相殺するための相殺信号を出力する適応ノッチフィルタと、
前記適応ノッチフィルタから出力される前記相殺信号に基づいて相殺音を発生する相殺音発生器と、
前記振動騒音と前記相殺音との差に基づく誤差信号の実数成分を検出する誤差信号検出器と、
前記相殺音発生器から前記誤差信号検出器に至る信号伝達特性に対応する補正值に基づき、前記基準信号を補正して補正信号を生成する補正信号生成器と、
前記誤差信号の実数成分から、前記振動騒音の周波数における前記誤差信号の振幅と位相とを表現できる位相・振幅係数を抽出する位相・振幅係数抽出器と、
前記基準信号と前記位相・振幅係数とに基づいて、前記誤差信号の実数成分及び虚数成分を生成する誤差信号生成器と、
前記補正信号と前記誤差信号の実数成分及び虚数成分とに基づいて、前記誤差信号が最小となるように前記適応ノッチフィルタのフィルタ係数を適応演算を用いて逐次更新するフィルタ係数更新器と、
を有することを特徴とする能動型振動騒音制御装置。

10

【請求項 2】

20

請求項 1 記載の能動型振動騒音制御装置において、
前記位相・振幅係数抽出器は、
前記基準信号に基づいて制御信号を出力する第 2 の適応ノッチフィルタと、
前記誤差信号の実数成分と前記制御信号とに基づいて補正誤差信号を生成する補正誤差信号生成器と、
前記基準信号と前記補正誤差信号とに基づいて、前記補正誤差信号が最小となるように前記第 2 の適応ノッチフィルタの第 2 のフィルタ係数を適応演算を用いて逐次更新し、更新した前記第 2 のフィルタ係数を前記位相・振幅係数として抽出する第 2 のフィルタ係数更新器と、
を備えることを特徴とする能動型振動騒音制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、打消対象の振動騒音と、該振動騒音を相殺するための相殺音とを干渉させて、評価点における振動騒音を打ち消す能動型振動騒音制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両のエンジンの作動に関連するエンジンクランク、トランスミッションのメインシャフト、カウンタシャフト、プロペラシャフト等の各種回転体の回転に起因して、前記車両の動作時に、車室内に前記回転体の回転周波数に係わる振動騒音が発生する。

40

【0003】

特許文献 1 には、スピーカ（相殺音発生器）からエンジンこもり音を相殺するための相殺音を発生し、マイクロフォン（誤差信号検出器）が配置される評価点（受聴点）において、前記エンジンこもり音と前記相殺音との干渉により該エンジンこもり音を打ち消す能動型振動騒音制御装置が提案されている。この場合、前記マイクロフォンは、前記エンジンこもり音と前記相殺音との差に基づく前記評価点での残留騒音を誤差信号として検出する。前記能動型振動騒音制御装置は、前記誤差信号及び前記エンジンこもり音の周波数に応じた基準信号に基づいてフィルタ係数を逐次更新し、更新した該フィルタ係数を用いて前記エンジンこもり音を相殺するための相殺信号を生成する。前記スピーカは、前記相殺信号を前記相殺音として出力する。

50

【0004】

ところで、エンジンこもり音は、回転体の回転に起因した周期的な振動騒音であり、実数成分及び虚数成分から構成される。また、評価点における残留騒音も、実数成分及び虚数成分から構成されることになる。しかしながら、マイクロフォンは、前記残留騒音に応じた誤差信号の実数成分しか検出することができないので、特許文献1の能動型振動騒音制御装置は、前記虚数成分を無視し、前記実数成分と参照信号とに基づいてフィルタ係数の更新演算を行う。この結果、該能動型振動騒音制御装置では、前記相殺信号を精度よく生成することができない。

【0005】

そこで、特許文献2には、マイクロフォンで検出した誤差信号の実数成分より虚数成分を推定し、前記実数成分と、推定した前記虚数成分と、基準信号とを用いて適応ノッチフィルタのフィルタ係数を更新することが提案されている。

【0006】

【特許文献1】特許第2827374号公報

【特許文献2】特開2007-269244号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、評価点において、エンジンこもり音と相殺音とを干渉させて該エンジンこもり音を消音する際に、マイクロフォンは、エンジンこもり音と相殺音との差に基づく打消対象周波数の残留騒音に加え、該残留騒音以外の音（例えば、ロードノイズや楽音）も検出する。従って、単純に、前記マイクロフォンにて検出された誤差信号の実数成分から虚数成分を推定した場合、推定した虚数成分には、前記残留騒音に応じた虚数成分に加え、該残留騒音以外の音に応じたノイズも含まれることになるので、前記虚数成分の推定精度が低下するおそれがある。

【0008】

この発明は、このような課題を考慮してなされたものであり、誤差信号の実数成分から、打消対象の振動騒音の周波数における実数成分及び虚数成分を生成して、該虚数成分の推定精度を向上することにより、前記振動騒音を確実に低減することを可能とする能動型振動騒音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】

この発明に係る能動型振動騒音制御装置は、
打消対象の振動騒音の周波数に基づく基準信号を生成する基準信号生成器と、
前記基準信号に基づいて前記振動騒音を相殺するための相殺信号を出力する適応ノッチフィルタと、
前記適応ノッチフィルタから出力される前記相殺信号に基づいて相殺音を発生する相殺音発生器と、
前記振動騒音と前記相殺音との差に基づく誤差信号の実数成分を検出する誤差信号検出器と、
前記相殺音発生器から前記誤差信号検出器に至る信号伝達特性に対応する補正值に基づき、前記基準信号を補正して補正信号を生成する補正信号生成器と、
前記誤差信号の実数成分から、前記振動騒音の周波数における前記誤差信号の振幅及び位相を表現できる位相・振幅係数を抽出する位相・振幅係数抽出器と、
前記基準信号と前記位相・振幅係数とに基づいて、前記誤差信号の実数成分及び虚数成分を生成する誤差信号生成器と、
前記補正信号と前記誤差信号の実数成分及び虚数成分とに基づいて、前記誤差信号が最小となるように前記適応ノッチフィルタのフィルタ係数を適応演算を用いて逐次更新するフィルタ係数更新器と、
を有することを特徴としている。

【0010】

この発明によれば、前記誤差信号の実数成分から前記位相・振幅係数を抽出し、抽出した前記位相・振幅係数及び前記基準信号に基づいて、前記誤差信号の実数成分及び虚数成分を生成するので、前記虚数成分の推定精度が良くなり、この結果、前記振動騒音を確実に低減することが可能となる。

【0011】

この場合、前記位相・振幅係数抽出器は、前記基準信号に基づいて制御信号を出力する第2の適応ノッチフィルタと、前記誤差信号の実数成分と前記制御信号とに基づいて補正誤差信号を生成する補正誤差信号生成器と、前記基準信号と前記補正誤差信号とに基づいて前記補正誤差信号が最小となるように前記第2の適応ノッチフィルタの第2のフィルタ係数を適応演算を用いて逐次更新し、更新した前記第2のフィルタ係数を前記位相・振幅係数として抽出する第2のフィルタ係数更新器とを備えている。

10

【0012】

これにより、前記位相・振幅係数を確実に抽出することができるので、前記虚数成分を精度よく生成することが可能となる。

【発明の効果】

【0013】

この発明によれば、誤差信号の実数成分から前記位相・振幅係数を抽出し、抽出した前記位相・振幅係数及び基準信号に基づいて、前記誤差信号の実数成分及び虚数成分を生成するので、前記虚数成分の推定精度が良くなり、この結果、振動騒音を確実に低減することが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、この発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0015】

図1は、この発明の一実施形態に係る能動型振動騒音制御装置10の構成を示すブロック図である。

【0016】

能動型振動騒音制御装置10は、基本的には、車室内空間12に配置され、エンジンこもり音（振動騒音）を相殺するための制御信号（相殺信号）Sc2を相殺音として出力（発生）するスピーカ（相殺音発生器）14と、車室内空間12の所定の評価点（評価位置、受聴点）におけるエンジンこもり音と相殺音との差（干渉）である残留騒音に基づく誤差信号eの実数成分Reを検出するマイクロフォン（誤差信号検出器）16と、マイクロフォン16から誤差信号eの実数成分Reが入力され且つ制御信号Sc2をスピーカ14に出力するコントローラ18とから構成される。

30

【0017】

マイクロフォン16は、車室内空間12の乗員の耳位置近傍、例えば車両の前座席のヘッドレスト近傍に配置される。また、複数のスピーカ14は、5chサウンドのサラウンド効果を高めるために、例えば、車両前席側の左右キックパネル部、インストルメントルパネル中央下部、車両後席側のCピラー下部の左右ボディ部等に配置される。なお、0.1ch分のウーハは方向性をほとんど持たないので任意の位置に配置される。

40

【0018】

コントローラ18は、コンピュータを含んで構成され、CPUが各種入力に基づきROM等のメモリに記憶されているプログラムを実行することで各種の機能を実現する機能実現手段として動作する。

【0019】

この場合、コントローラ18は、図示しない燃料噴射ECU（FIECU）から供給されるエンジン回転信号（エンジンパルス）よりエンジンクランク（回転体）の回転周波数feを検出する周波数カウンタとしての周波数検出器20と、打消対象の前記エンジンこもり音の周波数である前記回転周波数feの基準信号xを生成する基準信号生成器22と

50

、基準信号 x 及び誤差信号 e の実数成分 R_e に基づいて回転周波数 f_e における誤差信号 e の振幅及び位相を表現できるフィルタ係数 W_1 (第2のフィルタ係数、位相・振幅係数) を抽出する第1制御器 (位相・振幅係数抽出器) 24 と、基準信号 x 及びフィルタ係数 W_1 に基づいて誤差信号 e_2 (誤差信号 e) を生成し、生成した誤差信号 e_2 、基準信号 x 及び補正信号 r に基づいて制御信号 $S_c 2$ を生成する第2制御器 26 と、デジタル信号の制御信号 $S_c 2$ をアナログ信号に変換してスピーカ 14 に供給する D/A 変換器 28 と、アナログ信号の誤差信号 e をデジタル信号に変換して第1制御器 24 に供給する A/D 変換器 30 とから構成される。

【0020】

図2は、基準信号生成器22、第1制御器24及び第2制御器26の詳細な構成を示すブロック図である。

10

【0021】

基準信号生成器22は、回転周波数 f_e に基づき基準信号 x としての余弦波信号 R_x { $R_x = \cos(2\pi f_e t)$ } を生成する余弦波発生器50と、回転周波数 f_e に基づき基準信号 x としての正弦波信号 I_x { $I_x = \sin(2\pi f_e t)$ } を生成する正弦波発生器52とを備える。

【0022】

第1制御器24は、適応型フィルタである適応ノッチフィルタ (第2の適応ノッチフィルタ) 32 (適応ノッチフィルタ54、56及び減算器58)、加算器 (補正誤差信号生成器) 34、1サンプル時間遅延器 (Z^{-1}) 36 及びフィルタ係数更新器 (第2のフィルタ係数更新器) 38 (フィルタ係数更新器60、62) を備える。

20

【0023】

適応ノッチフィルタ54は、余弦波信号 R_x にフィルタ係数 R_{w1} (第2のフィルタ係数) をかけて出力し、適応ノッチフィルタ56は、正弦波信号 I_x にフィルタ係数 I_{w1} (第2のフィルタ係数) をかけて出力し、減算器58は、 $R_{w1} \cdot R_x - I_{w1} \cdot I_x$ の減算信号を制御信号 $S_c 1$ として加算器34に出力する。

【0024】

加算器34は、誤差信号 e の実数成分 R_e と制御信号 $S_c 1$ とを加算して補正誤差信号 e_1 を生成し、次のサンプリング時にフィルタ係数更新器 (アルゴリズム演算器) 38 が補正誤差信号 e_1 を用いることができるように、1サンプル時間遅延器 (Z^{-1}) 36 に該補正誤差信号 e_1 を供給する。

30

【0025】

フィルタ係数更新器60の乗算部150は、余弦波信号 R_x と補正誤差信号 e_1 とを乗算して出力し、更新部152は、 $R_x \cdot e_1$ の乗算信号に基づいて、補正誤差信号 e_1 が最小値となるように適応制御アルゴリズム、例えば、最急降下法的一种である LMS (Least Mean Square) アルゴリズムに基づいて適応ノッチフィルタ54のフィルタ係数 R_{w1} を逐次更新する。また、フィルタ係数更新器62の乗算部154は、正弦波信号 I_x と補正誤差信号 e_1 とを乗算して出力し、更新部156は、 $I_x \cdot e_1$ の乗算信号に基づいて、補正誤差信号 e_1 が最小値となるように適応制御アルゴリズム (LMS アルゴリズム) に基づいて適応ノッチフィルタ56のフィルタ係数 I_{w1} を逐次更新する。

40

【0026】

なお、第1制御器24は、1サンプル時間遅延器36に入力される信号である補正誤差信号 e_1 が最小値になるように適応ノッチフィルタ54、56の各フィルタ係数 R_{w1} 、 I_{w1} を決定する動作 (適応演算) を行なうことから、加算器34には、誤差信号 e の実数成分 R_e と比較して同振幅・同位相の制御信号 $S_c 1$ が入力される。

【0027】

ここで、フィルタ係数更新器38内において、補正誤差信号 e_1 及び回転周波数 f_e の余弦波信号 R_x に基づき逐次更新されるフィルタ係数 R_{w1} は、回転周波数 f_e における誤差信号 e の実数成分 R_e を表現できるフィルタ係数であり、一方で、補正誤差信号 e_1

50

及び回転周波数 f_e の正弦波信号 I_x に基づき逐次更新されるフィルタ係数 I_{w1} は、回転周波数 f_e における誤差信号 e の虚数成分 I_e を表現できるフィルタ係数である。そして、第1制御器24は、これらのフィルタ係数 R_{w1} 、 I_{w1} を第2制御器26の誤差信号生成器42にコピーする。すなわち、第1制御器24は、誤差信号 e の実数成分 R_e から、回転周波数 f_e における誤差信号 e の実数成分 R_e 及び虚数成分 I_e {誤差信号生成器42にて生成される誤差信号 e_2 の実数成分 R_{e2} ($R_{e2} = R_e$) 及び虚数成分 I_{e2} ($I_{e2} = I_e$) } を表現できるフィルタ係数 R_{w1} 、 I_{w1} を抽出するバンドパスフィルタとして機能する。

【0028】

このように、逐次更新されるフィルタ係数 R_{w1} 、 I_{w1} が、回転周波数 f_e における誤差信号 e (e_2) の実数成分 R_e (R_{e2}) 及び虚数成分 I_e (I_{e2}) を表現できる理由については後述する。

【0029】

一方、第2制御器26は、フィードフォワード型の $filterd-X$ LMS アルゴリズムを利用した回路であり、適応型フィルタである適応ノッチフィルタ40 (適応ノッチフィルタ64、66及び減算器68)、補正信号生成器44 (補正フィルタ74、76、78、80、160、162、166、168、減算部77、170及び加算部81、164)、誤差信号生成器42 (フィルタ70、72、172、174、減算部73及び加算部176) 及びフィルタ係数更新器46 (フィルタ係数更新器82、84) を備える。

【0030】

適応ノッチフィルタ64は、余弦波信号 R_x にフィルタ係数 R_{w2} をかけて出力し、適応ノッチフィルタ66は、正弦波信号 I_x にフィルタ係数 I_{w2} をかけて出力し、減算器68は、 $R_{w2} \cdot R_x - I_{w2} \cdot I_x$ の減算信号を制御信号 S_{c2} としてD/A変換器28 (図1参照) に出力する。

【0031】

補正フィルタ74、78、162、166には、スピーカ14からマイクロフォン16までの車室内空間12での回転周波数 f_e の音の伝達特性 (信号伝達特性) を模擬した模擬伝達関数 C の実数成分 R_c が設定され、補正フィルタ76、80、160、168には、該模擬伝達関数 C の虚数成分 I_c が設定されている。

【0032】

従って、補正フィルタ74、166は、余弦波信号 R_x に実数成分 R_c をそれぞれ作用させ (をそれぞれ補正し)、補正フィルタ76、168は、正弦波信号 I_x に虚数成分 I_c をそれぞれ作用させ (をそれぞれ補正し)、補正フィルタ78、162は、正弦波信号 I_x に実数成分 R_c をそれぞれ作用させ (をそれぞれ補正し)、補正フィルタ80、160は、余弦波信号 R_x に虚数成分 I_c をそれぞれ作用させる (をそれぞれ補正する)。

【0033】

減算器77は、作用後の減算信号 $R_c \cdot R_x - I_c \cdot I_x$ を、模擬余弦波信号である補正信号 r_{cr} として生成する。加算器81は、作用後の加算信号 $R_c \cdot I_x + I_c \cdot R_x$ を、模擬正弦波信号である補正信号 r_{sr} として生成する。加算器164は、作用後の加算信号 $R_c \cdot I_x + I_c \cdot R_x$ を、模擬正弦波信号である補正信号 r_{si} として生成する。減算器170は、作用後の減算信号 $-R_c \cdot R_x + I_c \cdot I_x$ を、模擬余弦波信号である補正信号 r_{ci} として生成する。

【0034】

誤差信号生成器42のフィルタ70は、余弦波信号 R_x にフィルタ係数 $-R_{w1}$ をかけて出力し、フィルタ72は、正弦波信号 I_x にフィルタ係数 $-I_{w1}$ をかけて出力し、減算部73は、 $-R_{w1} \cdot R_x - (-I_{w1} \cdot I_x) = -R_{w1} \cdot R_x + I_{w1} \cdot I_x$ の減算信号を誤差信号 e_2 の実数成分 R_{e2} として生成する。一方、フィルタ172は、余弦波信号 R_x にフィルタ係数 $-I_{w1}$ をかけて出力し、フィルタ174は、正弦波信号 I_x にフィルタ係数 $-R_{w1}$ をかけて出力し、加算部176は、 $-I_{w1} \cdot R_x - R_{w1} \cdot I$

xの加算信号を誤差信号e 2の虚数成分I e 2として生成する。この場合、誤差信号生成器4 2は、後述するように、マイクロフォン1 6の位置における残留騒音に基づく誤差信号eの実数成分R eを実数成分R e 2 (R e 2 = R e)として生成すると共に、虚数成分I eを虚数成分I e 2 (I e 2 = I e)として生成する。すなわち、誤差信号生成器4 2は、誤差信号eを推定した誤差信号e 2を生成する。

【0035】

フィルタ係数更新器8 2の乗算部1 7 8は、補正信号r c rと誤差信号e 2の実数成分R e 2とを乗算して出力し、乗算部1 8 0は、補正信号r s rと誤差信号e 2の虚数成分I e 2とを乗算して出力し、加算部1 8 2は、r c r・R e 2の乗算信号とr s r・I e 2の乗算信号とを加算して更新部1 8 4に出力する。更新部1 8 4は、r c r・R e 2 + r s r・I e 2の加算信号に基づいて、実数成分R e 2及び虚数成分I e 2が最小値となるように適応制御アルゴリズム(LMSアルゴリズム)に基づいて適応ノッチフィルタ6 4のフィルタ係数R w 2を逐次更新する。

10

【0036】

一方、フィルタ係数更新器8 4の乗算部1 8 6は、補正信号r s iと誤差信号e 2の実数成分R e 2とを乗算して出力し、乗算部1 8 8は、補正信号r c iと誤差信号e 2の虚数成分I e 2とを乗算して出力し、加算部1 9 0は、r s i・R e 2の乗算信号とr c i・I e 2の乗算信号とを加算して更新部1 9 2に出力する。更新部1 9 2は、r s i・R e 2 + r c i・I e 2の加算信号に基づいて、実数成分R e 2及び虚数成分I e 2が最小値となるように適応制御アルゴリズム(LMSアルゴリズム)に基づいて適応ノッチフィルタ6 6のフィルタ係数I w 2を逐次更新する。

20

【0037】

以上のように構成される能動型振動騒音制御装置1 0の効果について、図3～図6 Cを参照しながら説明する。

【0038】

図3は、比較例(特許文献2)に係る能動型振動騒音制御装置1 0 0でのエンジンこもり音の消音制御を説明するための模式的ブロック図である。

【0039】

能動型振動騒音制御装置1 0 0において、適応ノッチフィルタ1 0 4は、基準信号xにフィルタ係数W 2をかけて制御信号W 2・xを生成し、車室内空間1 2のスピーカ1 4からマイクロフォン1 6までを示すブロック1 0 6は、制御信号W 2・xに模擬伝達関数C ^を作用させて、作用後の信号C ^・W 2・xを評価点(マイクロフォン1 6の位置)を示す加算器1 0 8に出力する。また、図示しないエンジンから前記評価点までの未知プラントを示すブロック1 0 2は、基準信号xに前記エンジンから前記評価点までの音の伝達特性(信号伝達特性)Pを作用させて、作用後の信号P・xを加算器1 0 8に出力する。マイクロフォン1 6を示す加算器1 0 8は、加算信号P・x + C ^・W 2・xを誤差信号eとしてフィルタ係数更新器1 1 2に出力する。さらに、補正信号生成器1 1 0は、基準信号xに模擬伝達関数C ^を作用させてフィルタ係数更新器1 1 2に出力する。フィルタ係数更新器1 1 2は、補正信号C ^・x及び誤差信号eに基づいて、誤差信号eが最小値となるように適応制御アルゴリズム(LMSアルゴリズム)に基づいて適応ノッチフィルタ1 0 4のフィルタ係数W 2を逐次更新する。

30

40

【0040】

ここで、誤差信号eを下記の(1)式で表し、フィルタ係数W 2、基準信号x、伝達特性P及び模擬伝達関数C ^を下記の(2)式～(5)式のように実数成分(R w 2、R x、R p及びR c)及び虚数成分(I w 2、I x、I p及びI c)で表わすと、誤差信号eの実数成分R eは、下記の(6)式で表わすことができ、一方で、誤差信号eの虚数成分I eは、下記の(7)式で表わすことができる。なお、iは、虚数単位を示す。

$$\begin{aligned} e &= P \cdot x + C^{\wedge} \cdot W 2 \cdot x \\ &= R e + i I e \end{aligned} \quad (1)$$

$$W 2 = R w 2 + i I w 2 \quad (2)$$

50

$$x = R_x + i I_x \quad (3)$$

$$P = R_p + i I_p \quad (4)$$

$$C^{\wedge} = R_c + i I_c \quad (5)$$

$$R_e = (R_p + R_c \cdot R_{w2} - I_c \cdot I_{w2}) R_x - (I_p + R_c \cdot I_{w2} + I_c \cdot R_{w2}) I_x \quad (6)$$

$$I_e = (R_p + R_c \cdot R_{w2} - I_c \cdot I_{w2}) I_x + (I_p + R_c \cdot I_{w2} + I_c \cdot R_{w2}) R_x \quad (7)$$

【0041】

また、今回(現在)のサンプリング n におけるフィルタ係数 W_{2n} を下記の(8)式で表した場合に、フィルタ係数更新器112においてフィルタ係数 W_2 を更新する際の演算式は、下記の(9)式及び(10)式で表わされる。ここで、 μ は、フィルタ係数 W_2 の更新量に係るステップサイズパラメータであり、各式の右辺第1項目は、今回のサンプリングにおけるフィルタ係数 W_2 の実数成分又は虚数成分であり、右辺第2項目がフィルタ係数 W_2 (の実数成分及び虚数成分)の更新量である。

$$W_{2n} = R_{w2n} + i I_{w2n} \quad (8)$$

$$R_{w2_{n+1}} = R_{w2n} - \mu \cdot R_e \cdot (R_c \cdot R_x - I_c \cdot I_x) \quad (9)$$

$$I_{w2_{n+1}} = I_{w2n} + \mu \cdot R_e \cdot (I_c \cdot R_x + R_c \cdot I_x) \quad (10)$$

【0042】

なお、上述した(1)～(10)式の導出方法等については、特許文献2に詳しく説明されているので、本明細書では、その詳細な説明を省略する。

【0043】

上述した能動型振動騒音制御装置100において、加算器108は、(1)式に示すように、信号 $P \cdot x$ と信号 $C^{\wedge} \cdot W_2 \cdot x$ との加算信号を誤差信号 e としている。しかしながら、評価点においてエンジンこもり音と相殺音とを干渉させて該エンジンこもり音を消音させる際に、マイクロフォン16は、前記加算信号を示す残留騒音に加え、該残留騒音以外の音(例えば、ロードノイズや楽音)も検出する。そのため、マイクロフォン16は、前記残留騒音及び該残留騒音以外の音に応じたノイズに基づく誤差信号 e の実数成分 R_e を検出する。すなわち、マイクロフォン16は、誤差信号 e の実数成分 R_e しか検出することができず、虚数成分 I_e を検出することはできない。従って、特許文献2では、このような実数成分 R_e より虚数成分 I_e を推定し、実数成分 R_e 、推定した虚数成分 I_e 及び基準信号 x (補正信号 $C^{\wedge} \cdot x$)を用いて適応ノッチフィルタ104のフィルタ係数 W_2 を更新している。

【0044】

一方、図4は、図3に対応させて、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置10を表わした模式的ブロック図であり、図5は、図4中、破線で囲まれた部分を未知のプラントのブロック120(伝達特性 P')として表わした場合の模式的ブロック図である。

【0045】

ここで、上記の(1)式、図4及び図5より、誤差信号 e は、伝達特性 P' を用いて、下記の(11)式で表わすことができる。

$$\begin{aligned} e &= P \cdot x + C^{\wedge} \cdot W_2 \cdot x \\ &= (P + C^{\wedge} \cdot W_2) \cdot x \\ &= P' \cdot x \end{aligned} \quad (11)$$

【0046】

従って、伝達特性 P' は、その実数成分を $R_{p'}$ 、虚数成分を $I_{p'}$ とすると、下記の(12)式で表わすことができる。

$$\begin{aligned} P' &= P + C^{\wedge} \cdot W_2 \\ &= R_{p'} + i I_{p'} \end{aligned} \quad (12)$$

【0047】

また、加算器34で生成される補正誤差信号 e_1 は、上記の(11)式より、下記の(13)式で表わすことができる。

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} e_1 &= e + W_1 \cdot x \\ &= P' \cdot x + W_1 \cdot x \end{aligned} \quad (13)$$

【0048】

前述したように、第1制御器24は、補正誤差信号 e_1 が最小値となるようにフィルタ係数 W_1 の更新演算を行うので、(13)式で $e_1 = 0$ とおくと、 $P' \cdot x$ と $W_1 \cdot x$ との関係は、下記の(14)式で表わされる。

$$P' \cdot x = -W_1 \cdot x \quad (14)$$

【0049】

また、マイクロフォン16は、誤差信号 e の実数成分 Re のみ検出するので、第1制御器24の加算器34には、実数成分 Re のみ入力される($Ie = 0$)。また、第1制御器24においては、補正信号生成器44、110が存在しないので、 $C^h = 1$ ($Rc = 1$ 、 $Ic = 0$)となる。そのため、 W_1 を下記の(15)式で表わし、今回(現在)のサンプリング n におけるフィルタ係数 W_{1n} を下記の(16)式で表わした場合に、フィルタ係数更新器38においてフィルタ係数 W_1 を更新する際の演算式は、下記の(17)式及び(18)式で表わされる。なお、(17)式及び(18)式の右辺第1項目は、今回のサンプリング n におけるフィルタ係数 W_1 の実数成分又は虚数成分であり、右辺第2項目は、フィルタ係数 W_1 (の実数成分及び虚数成分)の更新量となる。また、フィルタ係数 W_1 の更新量に係るステップサイズパラメータについても μ とする。

$$W_1 = R w_1 + i I w_1 \quad (15)$$

$$W_{1n} = R w_{1n} + i I w_{1n} \quad (16)$$

$$R w_{1n+1} = R w_{1n} - \mu \cdot Re \cdot Rx \quad (17)$$

$$I w_{1n+1} = I w_{1n} + \mu \cdot Re \cdot Ix \quad (18)$$

【0050】

ここで、(11)式より $e = P' \cdot x$ であり、(14)式より $P' \cdot x = -W_1 \cdot x$ であるため、誤差信号 e は、(3)式、(11)式、(14)式及び(15)式より、下記の(19)式で表わされる。

$$\begin{aligned} e &= P' \cdot x \\ &= -W_1 \cdot x \\ &= -(R w_1 + i I w_1) \cdot (R x + i I x) \\ &= -\{ (R w_1 \cdot R x - I w_1 \cdot I x) \\ &\quad + i (R w_1 \cdot I x + I w_1 \cdot R x) \} \end{aligned} \quad (19)$$

【0051】

従って、(19)式より、誤差信号 e の実数成分 Re と、虚数成分 Ie とは、下記の(20)式及び(21)式でそれぞれ表わされる。

$$Re = -(R w_1 \cdot R x - I w_1 \cdot I x) \quad (20)$$

$$Ie = -(R w_1 \cdot I x + I w_1 \cdot R x) \quad (21)$$

【0052】

(20)式及び(21)式に示すように、誤差信号 e の実数成分 Re 及び虚数成分 Ie には、フィルタ係数 W_1 の実数成分であるフィルタ係数 $R w_1$ と、該フィルタ係数 W_1 の虚数成分であるフィルタ係数 $I w_1$ とがそれぞれ含まれているので、フィルタ係数 $R w_1$ 、 $I w_1$ は、誤差信号 e の実数成分 Re 及び虚数成分 $I w_1$ (誤差信号 e の振幅及び位相)を表現できる係数(位相・振幅係数)であることが理解できる。

【0053】

そこで、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置10においては、図1及び図2に示すように、第1制御器24は、補正誤差信号 e_1 及び回転周波数 f_e の余弦波信号 Rx に基づいてフィルタ係数 $R w_1$ を逐次更新すると共に、補正誤差信号 e_1 及び回転周波数 f_e の正弦波信号 Ix に基づいてフィルタ係数 $I w_1$ を逐次更新し、更新したフィルタ係数 $R w_1$ 、 $I w_1$ を、第2制御器26の誤差信号生成器42にコピーする。

【0054】

第2制御器26の誤差信号生成器42においては、フィルタ70、72及び減算部73

により (20) 式の演算処理を行うことで、誤差信号 e の実数成分 R_e を示す実数成分 R_{e2} ($R_{e2} = R_e$) が生成され、一方で、フィルタ 172、174 及び加算部 176 により (21) 式の演算処理を行うことで、誤差信号 e の虚数成分 I_e を示す虚数成分 I_{e2} ($I_{e2} = I_e$) が生成される。すなわち、誤差信号生成器 42 は、エンジンこもり音の周波数 (回転周波数 f_e) における誤差信号 $e2$ ($e2 = e$) を生成していることになる。

【0055】

従って、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置 10 によれば、エンジンこもり音の周波数 (回転周波数 f_e) における誤差信号 $e2$ の実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を生成し、生成した実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を用いて適応ノッチフィルタ 40 のフィルタ係数 $Rw2$ 、 $Iw2$ を逐次更新するので、基準信号 x にフィルタ係数 $Rw2$ 、 $Iw2$ をかけて生成される制御信号 $Sc2$ は、エンジンこもり音の周波数に応じた信号となり、この結果、スピーカ 14 から制御信号 $Sc2$ を相殺音として出力することにより、評価点 (マイクロフォン 16 の位置) におけるエンジンこもり音を確実に低減することが可能となる。

【0056】

すなわち、第 1 制御器 24 は、制御信号 $Sc1$ を生成する適応ノッチフィルタ 32 と、誤差信号 e の実数成分 R_e と制御信号 $Sc1$ とを加算して補正誤差信号 $e1$ を生成する加算器 34 と、基準信号 x 及び補正誤差信号 $e1$ に基づいて補正誤差信号 $e1$ が最小となるようにフィルタ係数 $W1$ ($Rw1$ 、 $Iw1$) を適応演算を用いて逐次更新し、更新したフィルタ係数 $W1$ を誤差信号 e ($e2$) の振幅及び位相を表現できる位相・振幅係数 (フィルタ係数 $Rw1$ 、 $Iw1$) として抽出するフィルタ係数更新器 38 とを備えるので、第 2 制御器 26 では、フィルタ係数 $Rw1$ 、 $Iw1$ を用いて実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を精度よく推定 (生成) することにより、相殺音に応じた制御信号 $Sc2$ を精度よく生成することができる。

【0057】

図 6 A は、誤差信号 e の時間変化を示す特性図であり、図 6 B は、誤差信号 $e2$ の実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を生成しない場合におけるフィルタ係数 $W2$ の更新量の時間変化を示す特性図であり、図 6 C は、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置 10 でのフィルタ係数 $W2$ の更新量の時間変化を示す特性図である。ここでは、時刻 $t0$ で消音制御が開始されるものとする。

【0058】

実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を生成せずにフィルタ係数 $W2$ の適応演算を行った場合には、図 6 B に示すように、誤差信号 e のレベルが大きい時刻ではフィルタ係数 $W2$ の更新量が大きく、一方で、誤差信号 e のレベルが小さい時刻ではフィルタ係数 W の更新量が小さくなる。すなわち、誤差信号 e のレベルの時間変化に同期してフィルタ係数 W の更新量も変化しており、誤差信号 e がゼロレベルに収束するまで長時間を要することになる。

【0059】

これに対して、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置 10 では、生成した実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を用いてフィルタ係数 $W2$ の適応演算を行っている。すなわち、フィルタ係数 $W2$ の更新量に実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を含ませることにより、前記更新量は、誤差信号 e の複素平面上における振幅 (実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} の 2 乗和の平方根) に比例することになる。従って、能動型振動騒音制御装置 10 では、誤差信号 e の複素平面上における振幅が大きい時刻 (図 6 A 参照) ではフィルタ係数 $W2$ の更新量を大きくし (図 6 C 参照)、誤差信号 e の複素平面上における振幅が小さい時刻ではフィルタ係数 $W2$ の更新量を小さくする。なお、図 6 A 中の破線は、誤差信号 e の複素平面上における振幅の大きさを示している。

【0060】

これにより、誤差信号 e のレベルの変化に同期してフィルタ係数 $W2$ の更新量に変化し

なくなるので、誤差信号 e を短時間でゼロレベルにまで収束させることができる。すなわち、短時間でエンジンこもり音を低減することが可能となる。

【0061】

また、特許文献 2 においては、サンプリング周期間で誤差信号 e が大きく変動するおそれが少ないにも関わらず、誤差信号 e の実数成分 R_e を微分することに基づいて虚数成分 I_e を推定している。

【0062】

これに対して、この実施形態に係る能動型振動騒音制御装置 10 では、前述したように、抽出したフィルタ係数 R_{w1} 、 I_{w1} を用いて、誤差信号生成器 42 が (20) 式及び (21) 式の演算処理を行うことにより、回転周波数 f_e における誤差信号 e_2 の実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} を生成するので、実数成分 R_{e2} 及び虚数成分 I_{e2} の推定精度が向上する。

10

【0063】

なお、この発明は、上述した実施形態に限らず、明細書及び図面の記載内容に基づき、種々の変更が可能であることは勿論である。

【0064】

例えば、ロードノイズのように、振動騒音の周波数が予め分かっている場合には、周波数検出器 20 を省略し、基準信号生成器 22 において、前記周波数に応じた基準信号 x を生成してもよい。

【図面の簡単な説明】

20

【0065】

【図 1】この発明の一実施形態に係る能動型振動騒音制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の基準信号発生器、第 1 制御器及び第 2 制御器の詳細な構成を示すブロック図である。

【図 3】比較例に係る能動型振動騒音制御装置でのエンジンこもり音の消音制御を説明するための模式的ブロック図である。

【図 4】図 1 及び図 2 の能動型振動騒音制御装置の模式的ブロック図である。

【図 5】図 4 の能動型振動騒音制御装置をさらに模式化したブロック図である。

【図 6】図 6 A は、誤差信号の時間変化を示す特性図であり、図 6 B は、誤差信号の実数成分及び虚数成分を生成しない場合でのフィルタ係数の更新量の時間変化を示す特性図であり、図 6 C は、図 1 の能動型振動騒音制御装置でのフィルタ係数の更新量の時間変化を示す特性図である。

30

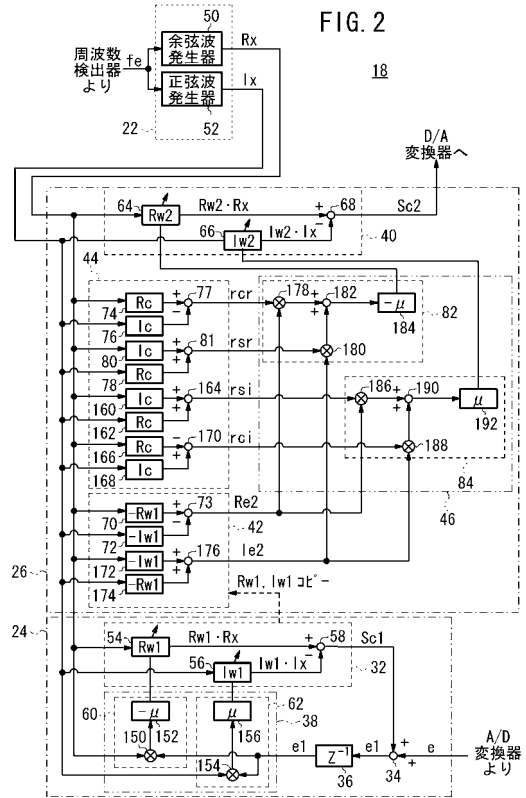
【符号の説明】

【0066】

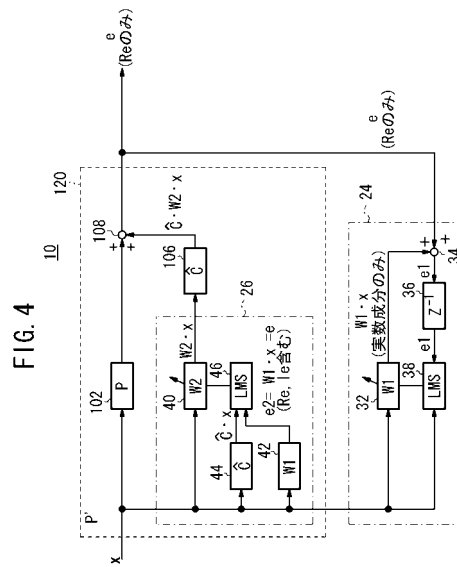
10 … 能動型振動騒音制御装置	14 … スピーカ
16 … マイクロフォン	22 … 基準信号生成器
24 … 第 1 制御器	26 … 第 2 制御器
32、40、54、56、64、66 … 適応ノッチフィルタ	
34 … 加算器	36 … 1 サンプル時間遅延器
38、46、60、62、82、84 … フィルタ係数更新器	
42 … 誤差信号生成器	44 … 補正信号生成器
50 … 余弦波発生器	52 … 正弦波発生器

40

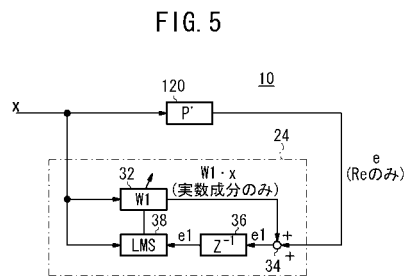
【図 2】



【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】

FIG. 6A

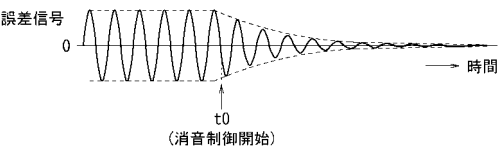


FIG. 6B

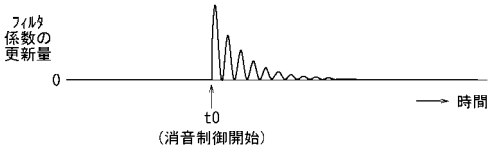
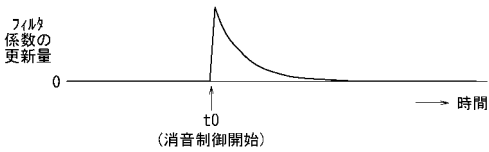


FIG. 6C



フロントページの続き

(72)発明者 坂本 浩介

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 井上 敏郎

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 高橋 彰

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 小林 康統

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D020 BA02 BA09 BA10 BA11 BB01 BB02 BC02 BC03 BC05 BC11

BC24 BD03 BD05 BE04

5D061 FF02