

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7653750号
(P7653750)

(45)発行日 令和7年3月31日(2025.3.31)

(24)登録日 令和7年3月21日(2025.3.21)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 R 3/00 (2006.01) H 0 4 R 3/00 3 1 0

請求項の数 8 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-117549(P2021-117549)	(73)特許権者	000010098
(22)出願日	令和3年7月16日(2021.7.16)		アルプスアルパイン株式会社
(65)公開番号	特開2023-13398(P2023-13398A)		東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(43)公開日	令和5年1月26日(2023.1.26)	(74)代理人	100103171
審査請求日	令和6年2月21日(2024.2.21)		弁理士 雨貝 正彦
		(74)代理人	100105784
			弁理士 橘 和之
		(74)代理人	100098497
			弁理士 片寄 恭三
		(72)発明者	齋藤 雄二
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アル
			プスアルパイン株式会社内
		(72)発明者	戸板 大樹
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アル
			プスアルパイン株式会社内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スピーカの歪み補正装置及びスピーカユニット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力信号に対するスピーカの出力の歪みを補正する、スピーカの歪み補正装置であって、
前記スピーカの振動系の振動を検出する振動検出手段と、
前記入力信号を入力とし前記スピーカを駆動する出力信号を出力する可変フィルタと、
所定の適応アルゴリズムを実行し、前記振動検出手段で検出される振動が、前記入力信
号に対して歪みのない振動となるように前記可変フィルタの伝達特性を更新する適応動作
を行う適応アルゴリズム実行部と、
制御部とを有し、

当該制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記可変フィルタが出力
する出力信号のレベルに対して正常と見なせる範囲を逸脱しているかどうかを判定し、逸
脱している場合に、前記適応アルゴリズム実行部の前記適応動作による前記可変フィルタ
の伝達特性の更新を停止することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項2】

入力信号に対するスピーカの出力の歪みを補正する、スピーカの歪み補正装置であって、
前記スピーカの振動系の振動を検出する振動検出手段と、
前記入力信号を入力とする非線形部補正フィルタと、
前記非線形部補正フィルタの出力を入力とし、前記スピーカを駆動する出力信号を出力
する可変フィルタと、
所定の適応アルゴリズムを実行し、前記振動検出手段で検出される振動が、前記入力信

号に対して歪みのない振動となるように前記可変フィルタの伝達特性を更新する適応動作を行う適応アルゴリズム実行部と、

制御部とを有し、

前記非線形部補正フィルタには、前記スピーカの非線形な特性による当該スピーカの前記入力信号に対する出力の歪みを補正する伝達特性が設定されており、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記可変フィルタが出力する出力信号のレベルに対して正常と見なせる範囲を逸脱しているかどうかを判定し、逸脱している場合に、前記適応アルゴリズム実行部の前記適応動作による前記可変フィルタの伝達特性の更新を停止することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載のスピーカの歪み補正装置であって、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過大方向に逸脱している場合に、前記振動検出手段で検出された振動の振幅の中心が、規定の中心位置から偏位しているかどうかを調べ、偏位しているときに、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性を推定すると共に、推定した剛性が規定の剛性の範囲より小さいときに、スピーカの振動系の機械的な故障の発生を推定することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載のスピーカの歪み補正装置であって、

前記可変フィルタが出力する出力信号で前記スピーカを駆動するアンプを備え、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過大方向に逸脱しており、前記振動検出手段で検出された振動の振幅の中心が、規定の中心位置から偏位していない場合に、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性と、当該振動系の偏位との関係を推定し、推定した関係において前記剛性の当該振動系の偏位に対する変化が緩やかになっているときに、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより小さいかどうかを調べ、小さい場合に、前記スピーカの加熱異常の発生を推定することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 5】

請求項 2 記載のスピーカの歪み補正装置であって、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱している場合に、前記振動検出手段で検出された振動の波形のピーク部分が、前記スピーカの振動系の振動可能範囲の上下限まで達せずに一定のレベルで飽和し潰れてしまう、振動可能範囲内のクリップが発生しているかどうかを判定し、発生している場合に、前記スピーカの振動計の振動が外部の物体によって阻害されている異常の発生を推定することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載のスピーカの歪み補正装置であって、

前記可変フィルタが出力する出力信号で前記スピーカを駆動するアンプを備え、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱しており、前記振動可能範囲内のクリップが発生していない場合に、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性と、当該振動系の偏位との関係を推定し、推定した関係において前記剛性の当該振動系の偏位に対する変化が急になっているときに、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより大きいかどうかを調べ、大きい場合に、前記スピーカの加熱異常の発生を推定することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載のスピーカの歪み補正装置であって、

前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱しており、前記振動可能範囲内のクリップが発生しておらず、前記振動系の偏位に対する変化が急になっており、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより大きくないときに、環境温度が所定温度より低温であるかどうかを調べ、低温である場合に、前記スピーカの凍結異常の発生を推定することを特徴とするスピーカの歪み補正装置。

【請求項 8】

請求項 1、2、3、4、5 または 6 記載のスピーカの歪み補正装置と、前記スピーカとを、当該歪み補正装置と当該スピーカとが一体化された形態で備えていることを特徴とするスピーカユニット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、入力に対するスピーカの出力の歪みを補正する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

種々のスピーカの等価回路や、等価回路に基づいてスピーカの駆動を制御する技術が知られている（非特許文献 1、特許文献 1）。

また、等価回路に基づいてスピーカの駆動を制御する技術としては、スピーカの等価回路に基づいて、入力に対するスピーカの出力の歪みが解消されるように、スピーカを駆動する音声信号を補正する技術も知られている（特許文献 2）。

【0003】

また、スピーカの振動板の振動を検出するセンサを備え、センサで検出した振動に応じてスピーカの駆動を制御するモーションフィードバックの技術も知られている（たとえば、特許文献 3、4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】国際公開第 2017/179539 号

【文献】特許 6522668 号公報

【文献】特開 2008228214 号公報

【文献】特開 2010124026 号公報

【非特許文献】

【0005】

【文献】Klippel, Wolfgang 著, "Modeling the large signal behavior of micro-speakers", 133rd Audio Engineering Society Convention 2012, Paper Number 8749, October 25, 2012

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

モーションフィードバックの技術を用い、スピーカの振動板の振動を検出し、検出した振動に応じて、スピーカの歪みが解消されるように、スピーカを駆動する音声信号を補正することが考えられる。

【0007】

また、この場合には、適応フィルタを音声信号の補正に適用し、理想の振動と検出した振動の差をエラーとして、エラーが最小となるように適応フィルタの係数を更新することにより、スピーカの歪みを解消することが考えられる。

【0008】

一方、スピーカの特性は、線形な特性と非線形な特性がある。

たとえば、図 7 に示すスピーカの等価回路においては、Bl、KMS、Le(x,i)などは、非線

10

20

30

40

50

形な特性を示す。

なお、図 4 の等価回路は、上掲した非特許文献 1 で示される等価回路であり、

Re; Electrical Resistance

Le(x,i); Electrical Inductance

Bl(x); Force factor

Fm(x,i); Reluctance Force

Mms; Mechanical mass

Rms(v); Mechanical Resistance

Kms(x); Stiffness (剛性)

である。

【0009】

そして、このようなスピーカの非線形な特性にも対応するように適応フィルタを構成する場合には、適応フィルタの処理や構成が大規模化し高コスト化を招く。

そこで、適応フィルタの前段にスピーカの非線形な特性による歪みを補正する非線形歪補正用のフィルタを設け、温度などの環境の変化やスピーカの挙動から推定されるスピーカの非線形な特性の変化に応じて、非線形歪補正用のフィルタの伝達特性を更新しながら、適応フィルタでスピーカの線形な特性による歪みの補正を行うことが考えられる。

【0010】

しかし、この場合、加熱、凍結、故障といったスピーカ自身の状態変化や、スピーカへの異物の接触や付着などが生じると、非線形歪補正用のフィルタでスピーカの非線形な特性による歪みを補正することができなくなり、適応フィルタが発散し、不快音がスピーカから出力されてしまうなどの異常動作が発生し得る。

【0011】

そこで、本発明は、比較的簡易な構成でスピーカの歪みを適正に補正しつつ、異常動作の発生を抑制することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

前記課題達成のために、本発明は、入力信号に対するスピーカの出力の歪みを補正する、スピーカの歪み補正装置に、前記スピーカの振動系の振動を検出する振動検出手段と、前記入力信号を入力とし前記スピーカを駆動する出力信号を出力する可変フィルタと、所定の適応アルゴリズムを実行し、前記振動検出手段で検出される振動が、前記入力信号に対して歪みのない振動となるように前記可変フィルタの伝達特性を更新する適応動作を行う適応アルゴリズム実行部と、制御部とを備えたものである。ここで、制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記可変フィルタが出力する出力信号のレベルに対して正常と見なせる範囲を逸脱しているかどうかを判定し、逸脱している場合に、前記適応アルゴリズム実行部の前記適応動作による前記可変フィルタの伝達特性の更新を停止する。

【0013】

また、本発明は、前記課題達成のために、入力信号に対するスピーカの出力の歪みを補正する、スピーカの歪み補正装置に、前記スピーカの振動系の振動を検出するセンサと、前記入力信号を入力とする非線形部補正フィルタと、前記非線形部補正フィルタの出力を入力とし、前記スピーカを駆動する出力信号を出力する可変フィルタと、所定の適応アルゴリズムを実行し、前記センサで検出される振動が、前記入力信号に対して歪みのない振動となるように前記可変フィルタの伝達特性を更新する適応動作を行う適応アルゴリズム実行部と、制御部とを備えたものである。ここで、前記非線形部補正フィルタには、前記スピーカの非線形な特性による当該スピーカの前記入力信号に対する出力の歪みを補正する伝達特性が設定されている。また、制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記可変フィルタが出力する出力信号のレベルに対して正常と見なせる範囲を逸脱しているかどうかを判定し、逸脱している場合に、前記適応アルゴリズム実行部の前記適応動作による前記可変フィルタの伝達特性の更新を停止する。

【0014】

ここで、このスピーカの歪み補正装置は、前記制御部において、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過大方向に逸脱している場合に、前記振動検出手段で検出された振動の振幅の中心が、規定の中心位置から偏位しているかどうかを調べ、偏位しているときに、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性を推定すると共に、推定した剛性が規定の剛性の範囲より小さいときに、スピーカの振動系の機械的な故障の発生を推定するように構成してもよい。

【0015】

また、この場合には、歪み補正装置に、前記可変フィルタが出力する出力信号で前記スピーカを駆動するアンプを備え、前記制御部において、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過大方向に逸脱しており、前記振動検出手段で検出された振動の振幅の中心が、規定の中心位置から偏位していない場合に、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性と、当該振動系の偏位との関係を推定し、推定した関係において前記剛性の当該振動系の偏位に対する変化が緩やかになっているときに、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより小さいかどうかを調べ、小さい場合に、前記スピーカの加熱異常の発生を推定してもよい。

10

【0016】

また、このスピーカの歪み補正装置は、前記制御部において、前記制御部は、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱している場合に、前記振動検出手段で検出された振動の波形のピーク部分が、前記スピーカの振動系の振動可能範囲の上下限まで達せずに一定のレベルで飽和し潰れてしまう、振動可能範囲内のクリップが発生しているかどうかを判定し、発生している場合に、前記スピーカの振動計の振動が外部の物体によって阻害されている異常の発生を推定するように構成してもよい。

20

【0017】

また、この場合には、歪み補正装置に、前記可変フィルタが出力する出力信号で前記スピーカを駆動するアンプを備え、前記制御部において、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱しており、前記振動可能範囲内のクリップが発生していない場合に、前記スピーカの入力電圧と前記スピーカの入力電流と前記振動検出手段で検出された振動とより、前記スピーカの振動系の剛性と、当該振動系の偏位との関係を推定し、推定した関係において前記剛性の当該振動系の偏位に対する変化が急になっているときに、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより大きいかどうかを調べ、大きい場合に、前記スピーカの加熱異常の発生を推定してもよい。

30

【0018】

また、この場合には、前記制御部において、前記振動検出手段で検出された振動の振幅が、前記正常と見なせる範囲を過小方向に逸脱しており、前記振動可能範囲内のクリップが発生しておらず、前記振動系の偏位に対する変化が急になっており、前記スピーカの入力電圧に対する前記スピーカの入力電流が規定の大きさより大きくないときに、環境温度が所定温度より低温であるかどうかを調べ、低温である場合に、前記スピーカの凍結異常の発生を推定してもよい。

40

【0019】

また、以上のスピーカの歪み補正装置と、前記スピーカとを、当該歪み補正装置と当該スピーカとが一体化してスピーカユニットを構成してもよい。

以上のようなスピーカの歪み補正装置やスピーカユニットによれば、非線形部補正フィルタを適応フィルタの前段に設け、適応フィルタをスピーカの線形な特性による歪みの補正にのみ用いる比較的簡易な構成で、スピーカの歪みを補正する場合でも、計測したスピーカの振動系の振動の異常が発生した場合には、適応フィルタの適応動作を停止して、不

50

快音の発生などの異常動作の発生を抑制することができる。また、計測したスピーカの振動系の振動を利用して、発生した異常の原因を推定できるので、推定した原因に適合した対処を行うことができるようになる。

【発明の効果】

【0020】

以上のように、本発明によれば、比較的簡易な構成でスピーカの歪みを適正に補正しつつ、異常動作の発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施形態に係る音響システムの構成を示す図である。

10

【図2】本発明の実施形態に係る振動検出の構成を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係る適応動作制御処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の実施形態に係る過大振幅エラー処理を示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施形態に係る過小振幅エラー処理を示すフローチャートである。

【図6】 $Kms(x)$ カーブの例を示す図である。

【図7】スピーカの等価回路の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態について、自動車に搭載される音響システムへの適用を例にとり説明する。

20

図1に、実施形態に係る音響システムの構成を示す。

図示するように、音響システムは、制御部1、スピーカ2、スピーカ2の振動系の振動/変位を計測する振動計測部3、出力信号 S_o を出力する信号補正部4、出力信号 S_o を入力とする、スピーカ2の駆動用のアンプ5、音声信号である入力信号 S_i を出力するオーディオ装置6を備えている。

【0023】

そして、信号補正部4はオーディオ装置6が出力する入力信号 S_i を補正して出力信号 S_o として出力し、アンプ5は出力信号 S_o のアナログ信号(電圧信号)への変換、増幅を行ってスピーカ2を駆動する。

【0024】

30

図2に、スピーカ2の構成を示す。

図示するように、スピーカ2は、ヨーク201、磁石202、トッププレート203、ボイスコイルボビン204、ボイスコイル205、フレーム206、ダンパ207、振動板208、エッジ209、ダストキャップ210、変位検出用磁石211、磁気角度センサ212を有する。

【0025】

今、図における上方をフロントスピーカの前方、下方をフロントスピーカの後方として、ヨーク201は、中央部に前方に突出した凸部2011を有し、当該凸部2011の外周部に環状の磁石202が設けられており、磁石202の上には環状のトッププレート203が設けられている。そして、このトッププレート203は、鉄等の導電性を有する部材によって構成される。そして、これらヨーク201、磁石202、トッププレート203によって磁気回路220が形成される。

40

【0026】

ボイスコイルボビン204は中空の円筒形状を有し、アンプ5からの信号が印加されるボイスコイル205が外周に巻かれている。また、ヨーク201の凸部2011は、ボイスコイルボビン204がヨーク201に対して前後に移動可能なようにボイスコイルボビン204の中空に後方より挿入されており、ボイスコイル205はヨーク201の凸部2011とトッププレート203との間の、磁気回路220によってトッププレート203の内周端間に発生する磁束が通過する位置に配置されている。

【0027】

50

振動板 208 は、おおよそフロントスピーカの前後方向を高さ方向とする円錐台の側面と同様な形状を有し、その外周端部がエッジ 209 でフレーム 206 の前端部に連結されている。また、振動板 208 の内周端部は、ボイスコイルボビン 204 の前端部に固定されている。

【0028】

このようなスピーカ 2 の構成において、アンプ 5 から信号がボイスコイル 205 に印加されると、磁気回路 220 から発生する磁束と、ボイスコイル 205 を流れる信号との電磁作用によって、信号の振幅に応じて、ボイスコイルボビン 204 が前後に振動する。そして、ボイスコイルボビン 204 が振動すると、ボイスコイルボビン 204 に連結されている振動板 208 が振動し、アンプ 5 からの信号に応じた音が発生する。

10

【0029】

変位検出用磁石 211 は、ボイスコイルボビン 204 と共に上下動するようにボイスコイルボビン 204 に固定されており、磁気角度センサ 212 は、磁気回路 220 に対して位置が変化しないように、トッププレート 203 の上などに固定されている。

【0030】

磁気角度センサ 212 は、磁気回路 220 の発生する磁束ベクトルと、変位検出用磁石 211 の発生する磁束ベクトルの合成ベクトルの角度を検出し出力する。ボイスコイルボビン 204 の変位に伴う変位検出用磁石 211 の変位によって、磁気角度センサ 212 から見た変位検出用磁石 211 の発生する磁束ベクトルは変化するので、この合成ベクトルの角度は、ボイスコイルボビン 204 の変位量を表す。

20

【0031】

そして、図 1 の振動計測部 3 は、この磁気角度センサ 212 の出力から、ボイスコイルボビン 204 や振動板 208 等のスピーカ 2 の振動系の振動/変位を計測する。

次に、制御部 1 には、車室の温度や音響システムの経年時間（製造年と現在時刻等）等の情報が外部情報として入力する。また、制御部 1 には、オーディオ装置 6 から、曲再生中/曲非再生中等の再生状態や、入力信号 S_i を出力しているオーディオソース（ラジオ／CD 等）の情報が、出力レベル（ボリューム等）等の情報が入力する。また、制御部 1 には、スピーカ 2 から入力電圧や入力電流の情報が入力する。

【0032】

次に、信号補正部 4 は、非線形部補正フィルタ 41、線形逆フィルタ 42、適応アルゴリズム実行部 43、エラー算出部 44 を備えている。

30

オーディオ装置 6 が出力する入力信号 S_i は、非線形部補正フィルタ 41 を通って中間補正信号 S_m として、線形逆フィルタ 42 に入力し、線形逆フィルタ 42 を通って出力信号 S_o としてアンプ 5 を介してスピーカ 2 に出力される。

【0033】

非線形部補正フィルタ 41 の伝達特性（フィルタ係数）は制御部 1 から切替可能であり、制御部 1 は、非線形部補正フィルタ 41 の伝達特性を、非線形部補正フィルタ 41 が出力する中間補正信号 S_m でスピーカ 2 を駆動した場合に入力信号 S_i に対するスピーカ 2 の非線形な特性によるスピーカ 2 の出力の歪みがキャンセルされる伝達特性、すなわち、スピーカ 2 の非線形な特性による歪みを補正する伝達特性に設定する。

40

【0034】

エラー算出部 44 は、入力信号 S_i に対して歪みの無いスピーカ 2 の振動と、振動計測部 3 が計測した実際のスピーカ 2 の振動との差分を算出する。

線形逆フィルタ 42 は可変フィルタであり、適応アルゴリズム実行部 43 と線形逆フィルタ 42 は適応フィルタを構成している。適応アルゴリズム実行部 43 は中間補正信号 S_m を参照信号 r 、エラー算出部 44 が算出した差分をエラー e として、LMS アルゴリズム等によって、エラー e が最小化するように、線形逆フィルタ 42 の伝達特性（フィルタ係数）を更新する適応動作を行う。

【0035】

この適応動作の結果、前記スピーカ 2 の線形な特性によるスピーカ 2 の入力信号 S_i に対

50

する出力の歪みを補正する伝達特性が線形逆フィルタ 4 2 に設定される。

次に、制御部 1 は、現在のスピーカ 2 の非線形な特性を推定し、非線形な特性が変化したときに、当該変化に追従するように非線形部補正フィルタ 4 1 の伝達特性を更新する処理を行う。

【0036】

この処理では、車室の温度や音響システムの経年時間やオーディオ装置の出力レベルの組み合わせ毎に、その組み合わせとなったときの非線形特性を予め求めてライブラリとして記憶しておき、ライブラリから現在の環境に対応する非線形特性をスピーカ 2 の現在の非線形特性として推定する。

【0037】

または、振動計測部 3 が計測したスピーカ 2 の振動から、入力に対するスピーカ 2 の挙動を算定し、算定した挙動からスピーカ 2 の現在の非線形特性を推定する。

そして、推定したスピーカ 2 の現在の非線形特性が、前回に非線形部補正フィルタ 4 1 の伝達特性を更新した時に推定した非線形特性から、所定レベル以上変化していたならば、推定したスピーカ 2 の現在の非線形特性に対応する伝達特性に非線形部補正フィルタ 4 1 の伝達特性を切り替える。非線形特性に対応する伝達特性とは、その非線形特性による歪みを補正する伝達特性であり、推定した非線形特性を反映したスピーカモデルを用いて対応する伝達特性を算定してもよいし、予め非線形特性毎に対応する伝達特性を求めて記憶しておくことにより、推定した非線形特性に対応する伝達特性を算定してもよい。

【0038】

または、車室の温度や音響システムの経年時間やオーディオ装置の出力レベルの組み合わせ毎に、その組み合わせとなったときの非線形特性に対応する伝達特性を予め求めてライブラリとして記憶しておき、ライブラリからスピーカ 2 の現在の非線形特性に対応する伝達特性を選定し、選定した伝達特性に非線形部補正フィルタ 4 1 の伝達特性を切り替えるようにしてもよい。

【0039】

次に、制御部 1 が定期的に繰り返し行う適応動作制御処理について説明する。

図 3 に、この適応動作制御処理の手順を示す。

図示するように、制御部 1 は、適応動作制御処理において、振動計測部 3 が計測した振動の振幅が、線形逆フィルタ 4 2 の出力信号 S_o のレベルに対して正常と見なせる範囲である規定範囲を逸脱しているかどうかを判定する（ステップ 302）。線形逆フィルタ 4 2 の出力信号 S_o のレベルは、出力信号 S_o のレベルを直接検出してもよいし、オーディオ装置 6 や非線形部補正フィルタ 4 1 の出力のレベルや、スピーカ 2 の入力電圧などから推定してもよい。

【0040】

そして、逸脱していれば、適応アルゴリズム実行部 4 3 の適応動作を停止し、線形逆フィルタ 4 2 の伝達関数の更新を停止する（ステップ 304）。

そして、振動の振幅が過大方向に規定範囲を逸脱しているのか、過小方向に規定範囲を逸脱しているのかを判定し（ステップ 306）、過大方向に規定範囲を逸脱している場合には過大振幅エラー処理を実行し（ステップ 308）、適応動作制御処理を終了する。

【0041】

一方、過小方向に規定範囲を逸脱している場合には、過小振幅エラー処理を実行し（ステップ 310）、適応動作制御処理を終了する。

一方、ステップ 302 で、振動の振幅が規定範囲を逸脱していないと判定された場合には、現在、適応アルゴリズム実行部 4 3 の適応動作が停止しているかどうかを調べ（ステップ 312）、停止していなければ、そのまま適応動作制御処理を終了する。

【0042】

一方、現在、適応アルゴリズム実行部 4 3 の適応動作が停止している場合には（ステップ 312）、適応アルゴリズム実行部 4 3 の適応動作を再開し（ステップ 314）、線形逆フィルタ 4 2 の伝達関数の更新を再開し、適応動作制御処理を終了する。

【0043】

次に、適応動作制御処理のステップ308において行う過大振幅エラー処理と、ステップ310において行う過小振幅エラー処理について説明する。

まず、過大振幅エラー処理について説明する。

図4に、この過大振幅エラー処理の手順を示す。

図示するように、制御部1は、過大振幅エラー処理において、振動計測部3が計測した振動の振幅の中心が、正規の位置から所定レベル以上、偏位している（ずれている）かどうかを調べる（ステップ402）。

【0044】

そして、ステップ402で、振動の振幅の中心が正規の位置から所定レベル以上、偏位していると判定された場合には、 $Kms(x)$ が標準値よりも全体的に小さくなっているかどうかを調べる（ステップ410）

ここで、スピーカ2の等価回路の $Kms(x)$ の算定は、次のように行うことができる。

【0045】

すなわち、テスト信号や音楽信号や音響透かし信号などの適当な出力信号 So をスピーカ2に出力しながら、スピーカ2の入力電流 i 、スピーカ2の入力電圧 u を計測し、計測した電流 i と入力電圧 u から、スピーカ2のインピーダンス $Z=u/i$ の共振周波数 fs を検出する。

そして、 Mms ; Mechanical massを用いて、

$$Kms = (2\pi fs)^2 Mms$$

を算出し、センサが出力するスピーカ2の振動系の変位 x と、 Kms との関係を $Kms(x)$ として算定する。

【0046】

ここで、ステップ410では、 $Kms(x)$ のカーブが、たとえば、図6に示す標準の $Kms(x)$ カーブAよりも、全体的に値の小さな $Kms(x)$ カーブBとなっていれば、現在の $Kms(x)$ カーブが、標準値よりも全体的に小さくなっていると判定する。

【0047】

そして、 $Kms(x)$ が標準値よりも全体的に小さくなっていなければ（ステップ410）一般エラー処理を行い（ステップ408）、過大振幅エラー処理を終了する。

ステップ408の一般エラー処理では、スピーカ2に異常が発生している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力を行う。

一方、 $Kms(x)$ が全体的に小さくなっていれば（ステップ410）、スピーカ2の剛性が低下しているので、ダンパ／エッジ故障エラー処理を行い（ステップ412）、過大振幅エラー処理を終了する。

【0048】

ステップ414のダンパ／エッジ故障処理エラー処理では、スピーカ2のダンパ207やエッジ209が故障している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力を行う。

【0049】

一方、振動の振幅の中心が偏位していなければ（ステップ402）、現在のスピーカ2の等価回路の $Kms(x)$; Stiffness（剛性）カーブが予め設定した標準の $Kms(x)$ カーブよりも緩やかになっているかどうかを調べる（ステップ404）。

【0050】

すなわち、算定した $Kms(x)$ のカーブが、たとえば、図6に示す標準の $Kms(x)$ カーブAよりも、カーブが緩やかな $Kms(x)$ カーブCとなっていれば、ステップ404において、現在の $Kms(x)$ カーブが、標準の $Kms(x)$ カーブよりも緩やかになっていると判定する。

【0051】

そして、ステップ404で、現在の $Kms(x)$ カーブが、標準の $Kms(x)$ カーブよりも緩やかになっていないと判定された場合には、一般エラー処理を行い（ステップ408）、過大振幅エラー処理を終了する。

【0052】

10

20

30

40

50

一方、現在の $Kms(x)$ カーブが、標準の $Kms(x)$ カーブよりも緩やかになっていれば（ステップ404）、スピーカ2の振動系が入力電圧に対して変位し易くなっていることを表すので、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも小さくなっているかどうか、すなわち、スピーカ2の抵抗が増大しているかどうかを調べる（ステップ406）。

【0053】

そして、ステップ406で、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも小さくなっていると判定された場合には、スピーカ2の抵抗の増大によりボイスコイル205が加熱している可能性があるものとして、ボイスコイル加熱エラー処理を行い（ステップ414）、過大振幅エラー処理を終了する。

【0054】

ステップ414のボイスコイル加熱エラー処理では、ボイスコイル205が加熱している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力や、アンプ5のゲインを小さくして発熱を抑制する処理を行う。

【0055】

一方、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも小さくないのであれば、一般エラー処理を行い（ステップ408）、過大振幅エラー処理を終了する。

【0056】

以上、過大振幅エラー処理について説明した。

次に、過小振幅エラー処理について説明する。

図5に、過小振幅エラー処理の手順を示す。

図示するように、制御部1は、過小振幅エラー処理において、振動計測部3が計測した振動に、振動波形のピーク部分が、振動可能範囲の上下限まで達せずに一定のレベルで飽和し潰れてしまう、振動可能範囲内のクリップが発生しているかどうかを調べる（ステップ502）。

【0057】

そして、ステップ502で、振動可能範囲内のクリップが発生していると判定された場合には、物体接触による振動阻害エラー処理を行い（ステップ512）、過小振幅エラー処理を終了する。

【0058】

ステップ512の振動阻害エラー処理では、スピーカ2に物体の接触による異常が発生している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力や、スピーカ2の振動系の振動のピークが、振動波形の飽和が発生しているレベルより小さくなるように、アンプ5のゲインを小さくする処理を行う。

【0059】

一方、振動可能範囲内のクリップが発生していなければ（ステップ502）、現在のスピーカ2の等価回路の $Kms(x)$ カーブが予め設定した標準の $Kms(x)$ カーブよりも急になっているかどうかを調べる（ステップ504）。

【0060】

ステップ504では、 $Kms(x)$ のカーブが、たとえば、図6に示す標準の $Kms(x)$ カーブAよりも、カーブが急な $Kms(x)$ カーブDとなっていれば、現在の $Kms(x)$ カーブが、標準の $Kms(x)$ カーブよりも急になっていると判定する。

【0061】

そして、ステップ504で、現在のスピーカ2の等価回路の $Kms(x)$ カーブが予め設定した標準の $Kms(x)$ カーブよりも急になっていると判定されなかった場合には、一般エラー処理を行い（ステップ510）、過小振幅エラー処理を終了する。

【0062】

ステップ510の一般エラー処理では、スピーカ2に異常が発生している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力を行う。

10

20

30

40

50

一方、現在の $K_{ms}(x)$ カーブが、標準の $K_{ms}(x)$ カーブよりも急になっていると判定された場合には（ステップ504）、スピーカ2の振動系が入力電圧に対して変位し難くなっていることを表すので、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも所定レベル以上、大きくなっているかどうか、すなわち、スピーカ2の抵抗が減少しているかどうかを調べる（ステップ506）。

【0063】

そして、ステップ506で、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも所定レベル以上、大きくなっている判定された場合には、ボイスコイル過電流加熱エラー処理を行い（ステップ514）、過小振幅エラー処理を終了する。

【0064】

ステップ514の過電流加熱エラー処理では、スピーカ2にショートによる故障が発生している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力や、アンプ5の動作停止を行う。

【0065】

一方、スピーカ2の入力電圧に対する入力電流の大きさが規定の大きさよりも所定レベル以上、大きくなっていなければ（ステップ506）、車室の温度が、凍結が発生する程度に極低温であるかどうかを調べ（ステップ508）、極低温でなければ、一般エラー処理を行い（ステップ510）、過小振幅エラー処理を終了する。

【0066】

一方、ステップ508で極低温であると判定された場合には、凍結エラー処理を行い（ステップ516）、過小振幅エラー処理を終了する。

ステップ516の凍結エラー処理では、スピーカ2に凍結が発生している可能性がある旨を伝えるエラーメッセージの表示や音声出力を行う。

以上、過小振幅エラー処理について説明した。

このように本実施形態によれば、非線形部補正フィルタ41を適応フィルタの前段に設け、適応フィルタをスピーカ2の線形な特性による歪みの補正にのみ用いる比較的簡易な構成で、スピーカ2の歪みを適正に補正しつつ、計測したスピーカ2の振動系の振動の異常が発生した場合には、適応フィルタの適応動作を停止して、不快音の発生などの異常動作の発生を抑制することができる。また、計測したスピーカ2の振動系の振動を利用して、発生した異常の原因を推定し、推定した原因に適合した対処を行うことができる。

【0067】

ここで、以上の実施形態において、スピーカ2として、非線形な特性による歪みが発生しない、もしくは、非線形な特性による歪みが十分に小さいスピーカ2を用いる場合には、非線形部補正フィルタ41を設けずに、入力信号 S_i を直接、線形逆フィルタ42の入力とするようにしてもよい。このような場合でも、図3、4、5の処理により、不快音の発生などの異常動作の発生を抑制でき、発生した異常の原因を推定し、推定した原因に適合した対処を行うことができる。

【0068】

また、以上の実施形態において、スピーカ2と振動計測部3と信号補正部4とは、スピーカユニットとして一体化されたものであってよい。

【符号の説明】

【0069】

1…制御部、2…スピーカ、3…振動計測部、4…信号補正部、5…アンプ、6…オーディオ装置、41…非線形部補正フィルタ、42…線形逆フィルタ、43…適応アルゴリズム実行部、44…エラー算出部、201…ヨーク、202…磁石、203…トッププレート、204…ボイスコイルボビン、205…ボイスコイル、206…フレーム、207…ダンパ、208…振動板、209…エッジ、210…ダストキャップ、211…変位検出用磁石、212…磁気角度センサ、220…磁気回路、2011…凸部。

10

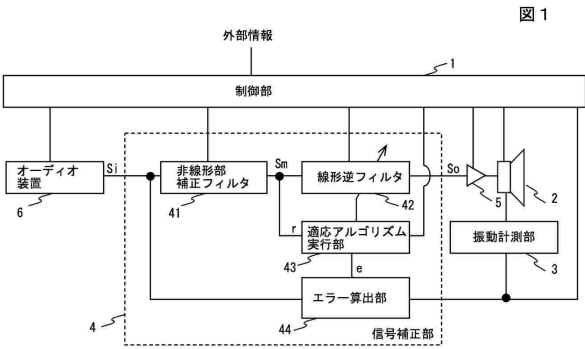
20

30

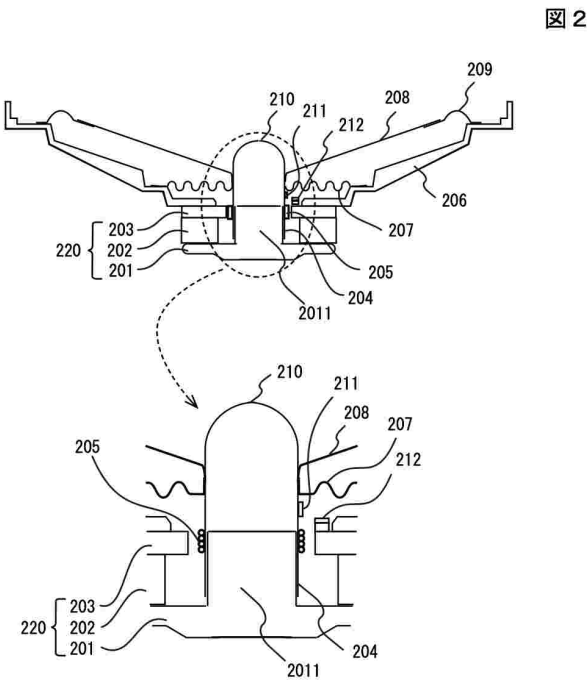
40

50

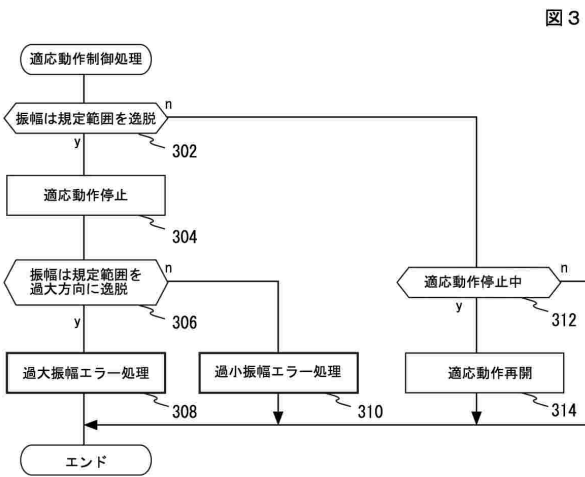
【図面】
【図 1】



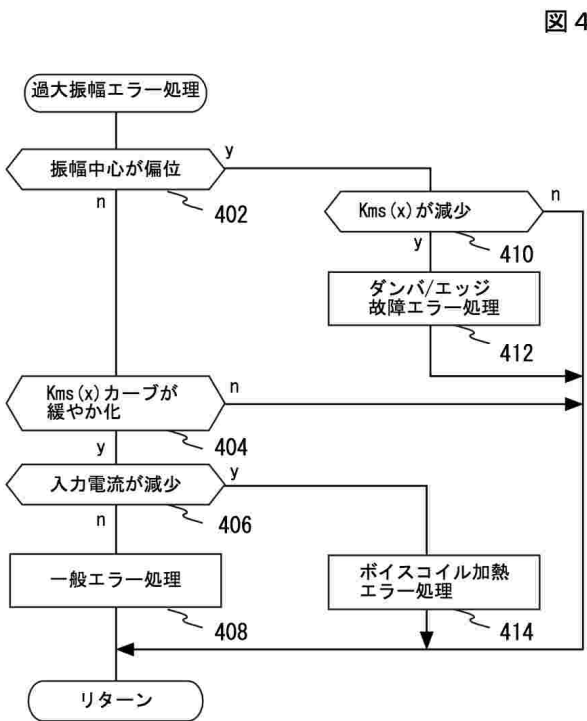
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

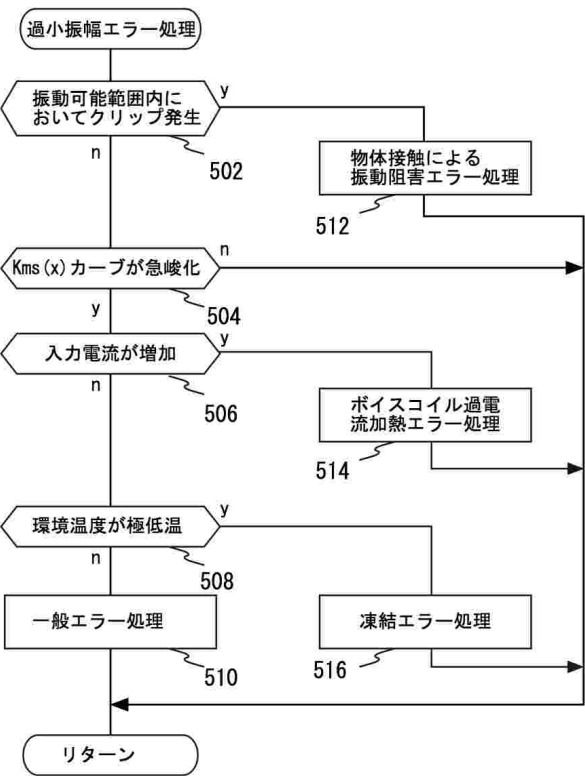
20

30

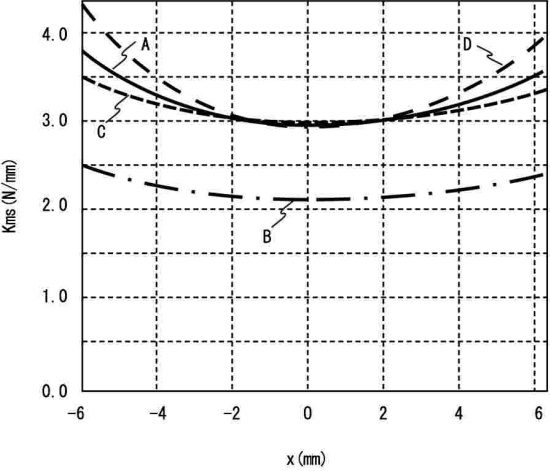
40

50

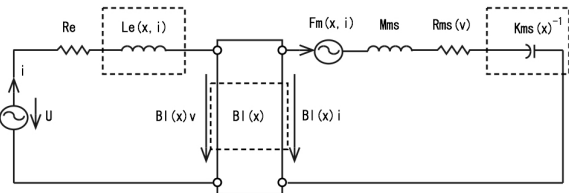
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 田口 仁幸
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- (72)発明者 田地 良輔
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- (72)発明者 増子 達也
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプスアルパイン株式会社内
- 審査官 富澤 直樹
- (56)参考文献 特開2007-060648(JP, A)
特開平05-095597(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H04R 3/00-3/14
H04R 29/00