

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 649 129 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94114135.0**

(51) Int. Cl.⁶: **G10K 11/178**

(22) Anmeldetag: **08.09.94**

(30) Priorität: **13.10.93 DE 4334942**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.04.95 Patentblatt 95/16

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
Petuelring 130
D-80809 München (DE)**

(72) Erfinder: **Freymann, Raymond, Dr.
Bahnhofsstrasse 27**

D-85386 Eching (DE)

Erfinder: **Beer, Rainer**

Franz-Metzner-Strasse 3

D-80937 München (DE)

Erfinder: **Guicking, Dieter, Dr.**

Schlözer 6

D-37085 (DE)

Erfinder: **Bronzel, Marcus, Dr.**

Johanniterstrasse 8

D-31028 Gronau/Leine (DE)

Erfinder: **Böhm, Wolfgang, Dr.**

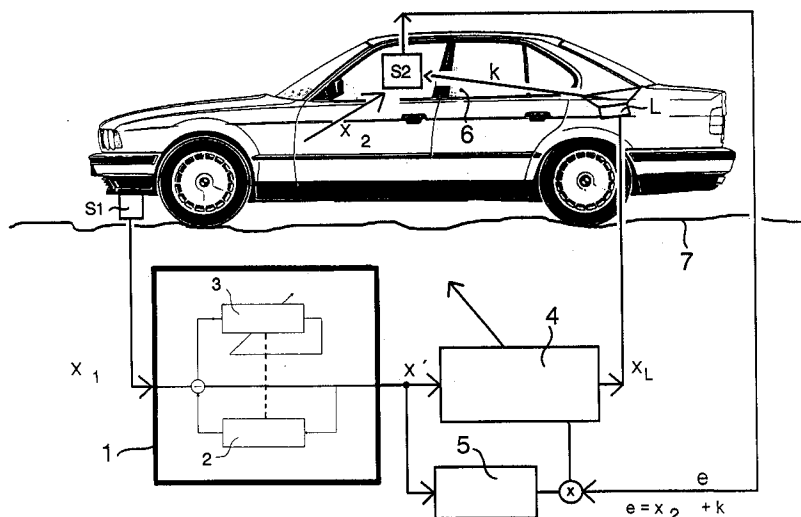
Bodenseestrasse 91

D-81243 München (DE)

(54) **Vorrichtung zur aktiven akustischen Schallkompensation in Hohlräumen eines Kraftfahrzeuges.**

(57) Bei einer Vorrichtung zur aktiven akustischen Schallkompensation eines Störschalls in Hohlräumen eines Kraftfahrzeuges mit einem Sensor, der ein dem Störschall im wesentlichen entsprechendes Sensorsignal liefert und dessen Ausgang mit einem Eingang einer Adaptiven Digitalen Filtereinheit verbunden ist, und mit einem der Adaptiven Digitalen

Filtereinheit nachgeschalteten Schallgeber zur Erzeugung eines Kompensationsschalls ist, zwischen dem Ausgang des Sensors und dem Eingang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit eine Amplitudenglättungseinheit zwischengeschaltet, die für jede Frequenzkomponente des Sensorsignals im wesentlichen die gleiche Amplitude erzeugt.



EP 0 649 129 A2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur aktiven akustischen Schallkompensation eines Störschalls in Hohlräumen eines Kraftfahrzeuges mit einem Sensor, der ein dem Störschall im wesentlichen entsprechendes Sensorsignal liefert und dessen Ausgang mit einem Eingang einer Adaptiven Digitalen Filtereinheit verbunden ist, und mit einem der Adaptiven Digitalen Filtereinheit nachgeschalteten Schallgeber zur Erzeugung eines Kompensationsschalls.

Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der US 4 677 676 bekannt. Diese bekannte Vorrichtung stellt ein akustisches System in einem Hohlraum dar, bei dem am Eingang des Hohlraums mittels eines Mikrofons ein Eingangsschall erfaßt wird, der an ein Regelsystem, das beispielsweise ein Adaptives Digitales Filter (ADF) enthält, zugeführt wird. Das Regelsystem analysiert den Eingangsschall, um einen Kompensationsschall zu erzeugen, der über einen Lautsprecher in den Hohlraum abgegeben wird. Der Kompensationsschall, auch Antischall genannt, wird derart gebildet, daß er dem Eingangsschall entgegenwirkt, so daß der Eingangsschall zumindest nahezu ausgelöscht wird. Da eine vollständige Auslöschung des Eingangsschalls durch den Kompensationsschall aufgrund von Ungenauigkeiten und Zeitverzögerungen im Regelsystem oder in den verwendeten Sensoren bzw. Schallgebern meist nicht erreicht wird, wird der Restschall im Hohlraum erfaßt und ebenfalls dem Reglersystem zugeführt. Durch diese Rückführung des Restschalls wird eine Korrektur im Reglersystem vorgenommen, die zu einer besseren Unterdrückung des Eingangsschalls führt als ohne Rückführung des Restschalls. Jedoch bleiben Ungenauigkeiten im Regelsystem, insbesondere durch die zur Analyse des Eingangsschalls erforderliche Zeit, weiter bestehen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur aktiven akustischen Schallkompensation mit einer Adaptiven Digitalen Filtereinheit als Reglersystem zu schaffen, bei dem der durch zu lange Auswertezeiten in der Adaptiven Digitalen Filtereinheit bedingte Restschall zwischen dem Eingangsschall und dem Kompensationsschall minimiert wird. Insbesondere soll die Zeitdauer zur Erzeugung eines zur Auslöschung des Eingangsschalls bzw. Störschalls optimalen Kompensationsschallsignals in der Adaptiven Digitalen Filtereinheit verkürzt werden.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Zwischen dem Ausgang des Sensors, der z.B. die in die Karosserie eingeleiteten Schall-Störungen als Eingangssignal erfaßt und ein entsprechendes Sensorsignal abgibt, und dem Eingang des Reglersystems bzw. der Adaptiven Digitalen Filtereinheit wird eine Amplitudenglättungseinheit zwischenge-

schaltet, die für jeden Frequenzanteil des Eingangssignals bzw. Sensorsignals im wesentlichen die gleiche Amplitude erzeugt.

Hintergrund dieser erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe ist, daß beim Stand der Technik die Adaptive Digitale Filtereinheit Frequenzanteile des Sensorsignals zunächst in Abhängigkeit von ihrer Amplitude bewertet, wenn beispielsweise stochastische Gradientenverfahren als Regelalgorithmen verwendet werden. Dadurch verlängert sich die Auswertezeit zur Erkennung derjenigen Frequenzanteile des Sensorsignals, die gegenüber anderen Frequenzanteilen eine geringere Amplitude aufweisen. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird das Sensorsignal derart vorverarbeitet, daß die Adaptive Digitale Filtereinheit, ähnlich einem weißen Rauschen, ein frequenzbreitbandiges Signal mit im gesamten Frequenzbereich in etwa gleichen Amplituden erhält. Dies ist notwendig, da die im Adaptiven Digitalen Filter üblicherweise verwendeten stochastischen Gradientenverfahren (beispielsweise Least-Mean-Square LMS-Verfahren) bei Eingangssignalen, die kein flaches Spektrum besitzen, gewöhnlich nur sehr langsam konvergieren.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist der Gegenstand des Patentanspruchs 2.

Erfindungsgemäß bildet die Amplitudenglättungseinheit im wesentlichen die inverse, vorzugsweise zeitabhängige Autokorrelationsfunktion des Sensorsignals.

Beispielsweise bildet die Amplitudenglättungseinheit dabei zunächst mittels adaptiver Systemerkennung ein Modell der aufgrund der möglichen Instationarität zeitabhängigen Autokorrelationsfunktion des Sensorsignals. Dieses Modell, das die statistischen Signaleigenschaften beinhaltet, wird in ein Filter übertragen. Das mit diesem Filter gewichtete Sensorsignal wird von dem momentanen Sensorsignal subtrahiert. Dadurch ergibt sich am Ausgang der Amplitudenglättungseinheit ein Signal, das als Filterung des Sensorsignals mit seiner inversen zeitabhängigen Autokorrelationsfunktion betrachtet werden kann. Die Amplitudenglättungseinheit beinhaltet somit im wesentlichen die Bestimmung der inversen, zeitabhängigen Autokorrelationsfunktion. Durch diese erfindungsgemäße Vorrichtung wird eine breitbandige Nivellierung der Frequenzanteile des Sensorsignals besonders einfach erreicht, da dazu bereits bekannte, beispielsweise elektronische Bauteile eingesetzt werden können.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Sie zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit der Darstellung einer Amplitudenglättungseinheit, die die Invertierung der Autokorrelationsfunktion beinhaltet.

Das Sensorsignal x_1 , das beispielsweise durch Unebenheiten auf der Fahrbahn 7 entsteht und

über Fahrzeug-Schwingungssysteme an Fahrzeughohlräume, wie insbesondere den Kraftfahrzeuginnenraum 6, übertragen wird, führt wie hier dargestellt im Kraftfahrzeuginnenraum 6 zu einem Störschall x_2 . Dieser Störschall x_2 soll durch die erfindungsgemäße aktive akustische Schallkompensationsvorrichtung unterdrückt bzw. ausgelöscht werden.

Hierzu wird mittels eines Sensors S1 ein dem Störschall x_2 korreliertes Eingangsstörsignal bzw. Sensorsignal x_1 , beispielsweise aus den Beschleunigungssignalen an Achs- oder Karosseriepunkten oder aus am Ort des Störschalls x_2 gemessenen akustischen Signalen, gebildet. Dieses Sensorsignal x_1 ist mit einer Amplitudenglättungseinheit 1 verbunden. Der Ausgang der Amplitudenglättungseinheit 1, der das vorverarbeitete Sensorsignal x' liefert, führt zu dem Eingang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4.

Der Ausgang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4 führt zu einem Lautsprecher L. Der Lautsprecher L und ein Schallaufnehmer S2, dessen Ausgang an die Adaptive Digitale Filtereinheit 4 zurückgeführt ist, befinden sich im Inneren eines Hohlraumes, hier im Fahrzeuginnenraum 6, d.h. innerhalb der Fahrgastzelle eines Fahrzeugs.

Zur Kompensation der elektroakustischen Übertragungsstrecke zwischen dem Ausgang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4 und dem Schallaufnehmer S2 kann beispielsweise zusätzlich eine an sich bekannte Filtered-X-Schaltung verwendet werden. Dazu ist das Ausgangssignal x' der Amplitudenglättungseinheit 1 über eine Korrektureinheit 5 mit einer Multiplizierstelle verbunden. Der Ausgang der Multiplizierstelle führt an einen Kontroll Eingang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4. Mit der Multiplizierstelle ist weiterhin der Ausgang des Schallaufnehmers S2 verbunden.

Das vom Sensor S1 erfaßte Sensorsignal x_1 wird in der Amplitudenglättungseinheit 1 zunächst bezogen auf die Amplitude invertiert. Dabei wird eine inverse Autokorrelationsfunktion gebildet, mit der das Sensorsignal x_1 gewichtet und an die Adaptive Digitale Filtereinheit 4 weitergeleitet wird.

Dazu enthält in diesem Beispiel die Amplitudenglättungseinheit 1 eine Erkennungseinheit 3 und eine Modelleinheit 2. In der Erkennungseinheit 3 wird zunächst die Autokorrelationsfunktion, insbesondere zeitabhängig, erkannt und zur Modelleinheit 2 kopiert, woraufhin die Amplitudenglättung insbesondere durch die Modelleinheit 2 durchgeführt wird. Die Erkennungseinheit 3 enthält z.B. die statistischen Signaleigenschaften, die an die Modelleinheit 2, das ein Filter sein kann, übertragen werden. Das mit der Modelleinheit 2 gewichtete Sensorsignal x_1 wird von dem momentanen Sensorsignal x_1 subtrahiert, wodurch sich aus dem Sensorsignal x_1 das amplitudengeglättete Aus-

gangssignal x' der Amplitudenglättungseinheit 1 ergibt.

Das derart vorverarbeitete Sensorsignal x_1 und somit das Ausgangssignal x' der Amplitudenglättungseinheit 1 zeichnet sich dadurch aus, daß sämtliche Frequenzanteile des Ausgangssignals x' im wesentlichen dieselbe Amplitude aufweisen. Die Adaptive Digitale Filtereinheit 4 konvergiert auf diese Weise sehr schnell für alle Frequenzanteile des Ausgangssignals x' der Amplitudenglättungseinheit 1, um damit ein Kompensationssignal X_L zu erzeugen, das über den Lautsprecher L als Kompensationsschall k zur breitbandigen Unterdrückung des Störschalls x_2 im Hohlraum bzw. Fahrzeuginnenraum 6 abgestrahlt wird.

Beispielsweise durch Rundungsfehler oder durch einen sich sehr schnell ändernden Störschall x_2 kann ein Restschall e zwischen dem Kompensationsschall k und dem Störschall x_2 entstehen. Dieser Restschall e wird von dem Schallaufnehmer S2 erfaßt, mit dem über die Korrektureinheit 5 korrigierten Ausgangssignal x' der Amplitudenglättungseinheit 1 multipliziert und an die Adaptive Digitale Filtereinheit 4 zurückgeführt.

Der Restschall e wird durch die erfindungsgemäße Amplitudenglättungseinheit 1 zur Nivellierung der Amplituden der Frequenzanteile des Sensorsignals x_1 breitbandig minimiert, da durch die schnellere Auswertzeit der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4 auch der Schallanteil des Restschalls e vermindert wird, der bei bekannten Systemen aufgrund der Konvergenzeigenschaften der Adaptiven Digitalen Filtereinheit 4 und der damit verbundenen längeren Auswertzeit nicht kompensierbar ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur aktiven akustischen Schallkompensation eines Störschalls in Hohlräumen eines Kraftfahrzeuges mit einem Sensor, der ein dem Störschall im wesentlichen entsprechendes Sensorsignal liefert und dessen Ausgang mit einem Eingang einer Adaptiven Digitalen Filtereinheit verbunden ist, und mit einem der Adaptiven Digitalen Filtereinheit nachgeschalteten Schallgeber zur Erzeugung eines, Kompensationsschalls, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Ausgang des Sensors (S1) und dem Eingang der Adaptiven Digitalen Filtereinheit (4) eine Amplitudenglättungseinheit (1) zwischengeschaltet ist, die für jede Frequenzkomponente des Sensorsignals (x_1) im wesentlichen die gleiche Amplitude erzeugt.
2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitudenglättungseinheit (1) im wesentlichen die inverse Autokorrelationsfunktion des Sensorsignals (x_1) bil-

det.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4

