

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 655 997 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.05.2006 Patentblatt 2006/19

(51) Int Cl.:
H04R 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05109472.0**

(22) Anmeldetag: **12.10.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **08.11.2004 DE 102004053776**

(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik
GmbH
91058 Erlangen (DE)**

(72) Erfinder: **Kasanmascheff, Robert
91315 Höchstadt (DE)**

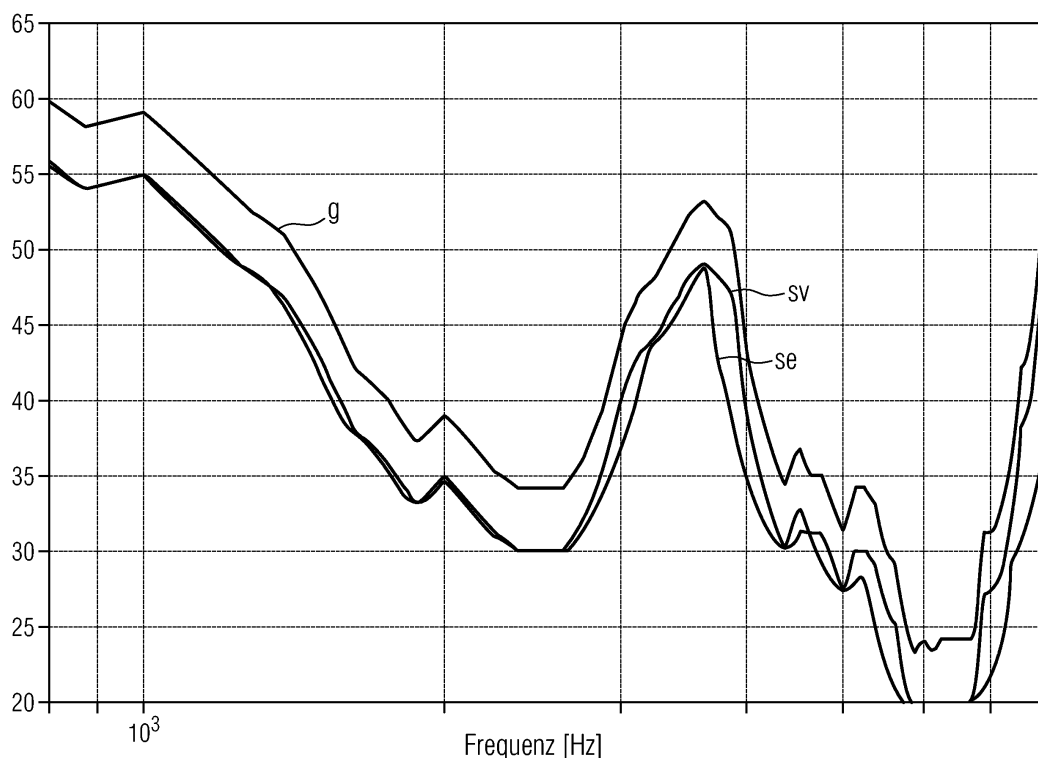
(74) Vertreter: **Berg, Peter et al
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)**

(54) Verfahren zur Verstärkung eines Akustiksignals und entsprechendes Akustiksystem

(57) Bei Akustiksystemen insbesondere bei Hörgeräten tritt immer wieder Rückkopplungspfeifen auf. Um dies zu vermeiden, wird daher ein Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) der Verstärkungseinrichtung, welcher die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt, aufgenommen. Anhand der aufgenommenen Kurve wird ein

Sollverstärkungsfrequenzgang (se) mit mehreren Stützpunkten, bei dem jeder Stützpunkt zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in mindestens zwei verschiedenen Richtungen einen jeweils vorgegebenen Minimalabstand besitzt, erstellt. Dadurch kann Rückkopplungspfeifen auch bei Verschieben von Resonanzfrequenzen größtenteils verhindert werden.

Verstärkung [dB]

**EP 1 655 997 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verstärkung eines Akustiksignals insbesondere für ein Hörgerät durch Aufnehmen eines Grenzverstärkungsfrequenzgangs der Verstärkungseinrichtung, welcher die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Akustiksystem.

[0002] Um ein Hörgerät auf den Hörverlust anzupassen, werden basierend auf dem gemessenen Hörverlust Sollverstärkungskurven berechnet. Diese schreiben für im Allgemeinen drei Eingangspegel im Frequenzbereich die entsprechenden Verstärkungswerte vor. Durch die Umgebungsbedingungen beim Tragen eines Hörgeräts ist es möglich, dass das vom Hörgerätehörer abgegebene, verstärkte Signal durch die Hörgerätemikrophone erneut aufgenommen wird. Dies ist insbesondere der Fall bei offener Versorgung und bei Undichtigkeiten im Falle einer geschlossenen Versorgung. Ist die Rückkopplungsschleife Mikrophon-Hörer-Feedbackpfad-Mikrofon bei irgendeiner Frequenz nicht dämpfend, so tritt Pfeifen auf.

[0003] Das Rückkopplungspfeifen ist nicht nur für den Hörgerätehörer selbst, sondern auch für die in seiner Umgebung befindlichen Personen störend. Um das Pfeifen zu vermeiden wird üblicherweise die Sollverstärkungskurve etwas gesenkt. Hierzu wird dem Amplitudengang der Rückkopplungsschleife nach deren Auftrennen an einer Stelle gemessen und für jede Frequenz diejenige Verstärkung bestimmt, welche die Grenze für Feedback- bzw. Rückkopplungspfeifen darstellt. Um Pfeifen zu verhindern, muss diese Grenzverstärkung immer unterschritten sein. Da Feedbackpfade nur bedingt statisch sind, und somit die Grenzverstärkung temporär überschritten werden kann, wird gängigerweise die Verstärkung soweit reduziert, dass immer ein Mindestabstand zur gemessenen Grenzverstärkungskurve vorliegt.

[0004] Der in den oberen beiden Abschnitten beschriebene Stand der Technik kann beispielsweise der Druckschrift DE 101 31 964 A1 entnommen werden. Zur Vermeidung eines Pfeifens schlägt die Druckschrift ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts vor, bei dem eine Verstärkungsabsenkung vorgenommen wird, sobald ein Störgeräusch als solches erkannt wird.

[0005] In der Druckschrift 101 59 928 A1 ist ein Verfahren zum Vermeiden rückkopplungsbedingter Oszillationen in einem Hörgerät beschrieben. Bei erkannten rückkopplungsbedingten Oszillationen wird die Verstärkung in einem Bereich niedriger Signalpegel des Eingangssignals abgesenkt und in einem Bereich höherer Signalpegel des Eingangssignals weniger stark oder nicht abgesenkt.

[0006] Trotz einer aus dem Stand der Technik bekannten Reduzierung der Sollverstärkungskurve kann es insbesondere im Bereich von Resonanzen dennoch zu Rückkopplungspfeifen kommen, da sich beispielsweise die Resonanzfrequenzen in Abhängigkeit der Umge-

bungsbedingungen dynamisch ändern können.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem Rückkopplungspfeifen sicherer verhindert werden kann. Darüber hinaus soll ein entsprechendes Akustiksystem angegeben werden.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Verstärkung eines Akustiksignals insbesondere für ein Hörgerät durch Aufnehmen eines Grenzverstärkungsfrequenzgangs der Verstärkungseinrichtung, welcher die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt, und Erstellen eines Sollverstärkungsfrequenzgangs mit mehreren Stützpunkten, bei dem jeder Stützpunkt zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang in mindestens zwei verschiedenen Richtungen im Verstärkungs-Frequenzdiagramm einen jeweils vorgegebenen Minimalabstand besitzt.

[0009] Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Akustiksystem mit einer Verstärkungseinrichtung und einer Aufnahmeeinrichtung zur Aufnahme eines Grenzverstärkungsfrequenzgangs der Verstärkungseinrichtung, welche die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt, sowie einer Recheneinrichtung zum Erstellen eines Sollverstärkungsfrequenzgangs mit mehreren Stützpunkten, bei dem jeder Stützpunkt zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang in mindestens zwei verschiedenen Richtungen im Verstärkungs-Frequenzdiagramm einen jeweils vorgegebenen Minimalabstand besitzt, und zum Einspeisen des Sollverstärkungsfrequenzgangs in die Verstärkungseinrichtung.

[0010] Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird damit sichergestellt, dass der Amplitudengang, d.h. der Verstärkungsfrequenzgang, des Feedbackpfades sich aufgrund dynamischer Prozesse nicht nur in Verstärkungsrichtung ändern darf, sondern auch Verschiebungen von Resonanzen in der Frequenzrichtung toleriert werden können.

[0011] Vorzugsweise ist der jeweilige Minimalabstand des Sollverstärkungsfrequenzgangs von dem Grenzverstärkungsfrequenzgang in horizontaler und vertikaler Richtung vorgegeben. Damit sind Minimalabstände in Verstärkungsrichtung und in Frequenzrichtung zwingend eingehalten.

[0012] Der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang kann zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs mit Hilfe eines Kreises bestimmt werden, dessen Mittelpunkt auf der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs verschoben wird und der die Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs dabei stets tangiert. Auf diese Weise lässt sich der Sollverstärkungsfrequenzgang in Abhängigkeit von dem Grenzverstärkungsfrequenzgang unter Einhaltung eines Mindestabstands senkrecht zu der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs leicht berechnen. In bestimmten anderen Teilbereichen des Frequenzgangs kann die Sollverstärkung nach anderen Kriterien höher oder niedriger gewählt werden.

[0013] Alternativ kann der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs auch mit Hilfe einer Ellipse bestimmt werden, deren Mittelpunkt auf der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs verschoben wird und die die Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs dabei stets tangiert. Dadurch kann erreicht werden, dass sich der Mindestabstand in horizontaler Richtung von dem Mindestabstand in vertikaler Richtung unterscheidet.

[0014] Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang in mindestens zwei Frequenzbereichen unterschiedlich eingestellt wird. Damit kann auf das dynamische Verhalten des Akustiksystems gezielter reagiert werden. Insbesondere kann in Frequenzbereichen, die wenig von Dynamikänderungen betroffen sind, der Mindestabstand der beiden Frequenzgänge geringer gehalten werden.

[0015] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert, die verschiedene Sollverstärkungsfrequenzgänge für einen gemessenen Grenzverstärkungsfrequenzgang widerspiegelt.

[0016] Das nachfolgend näher geschilderte Ausführungsbeispiel stellt eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0017] Entsprechend dem hier gewählten Beispiel soll die Verstärkung in Abhängigkeit des gemessenen Amplitudengangs so angepasst werden, dass zweidimensional ein Mindestabstand eingehalten wird. Das heißt, dass die Verstärkungskurve nicht nur vertikal, sondern auch horizontal einen bestimmten Mindestabstand einhalten muss. In der FIG ist hierzu ein gemessener Grenzverstärkungsfrequenzgang g für ein Hörgerät dargestellt. Im Bereich von 2,5 kHz und 6 kHz liegen Resonanzen, die durch das Hörgerät im eingesetzten Zustand bedingt sind. In diesen Bereichen ist daher die Grenzverstärkung, bei der keine Dämpfung im Rückkopplungskreis auftritt, verhältnismäßig gering.

[0018] Damit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Rückkopplungspfeifen reduziert wird, kann entsprechend dem Stand der Technik ein Sollverstärkungsfrequenzgang sv ermittelt werden, der gegenüber dem Grenzverstärkungsfrequenzgang g vertikal nach unten, d.h. in Verstärkungsrichtung, verschoben ist. Dabei wird beispielsweise die Verstärkung bei jeder Frequenz um 6 dB reduziert.

[0019] Aus der Grafik ist ohne weiteres zu entnehmen, dass in steilen Bereichen der Frequenzgänge g und sv der horizontale Abstand zwischen beiden Kurven nur sehr gering sein kann. Dies hat zur Folge, dass bei einem Verschieben des tatsächlichen Grenzverstärkungsfrequenzgangs, beispielsweise infolge einer Veränderung der Position des Hörgeräts, der Sollverstärkungsfrequenzgang sv in einem oder mehreren Spektralbereichen über dem aktuellen Grenzverstärkungsfrequenzgang liegt. In diesem Fall tritt dann Pfeifen im Hörgerät auf.

[0020] Erfindungsgemäß wird daher der Sollverstärkungsfrequenzgang selektiv weiter reduziert, so dass sich der Sollverstärkungsfrequenzgang se ergibt. Dieser Sollverstärkungsfrequenzgang se hält auch in horizontaler Richtung, d.h. in Frequenzrichtung einen Mindestabstand zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang g ein.

[0021] Im vorliegenden Beispiel ist die Kurve se mit Hilfe einer Ellipse ermittelt, deren Hauptachsen den vertikalen und horizontalen Abstand definieren. Darüber hinaus legt die Ellipse auch die Mindestabstände in den von der horizontalen und der vertikalen abweichenden Winkeln fest. Mit anderen Worten, wenn die Ellipse mit ihrem Mittelpunkt entlang der Kurve se verschoben wird, berührt sie die Kurve g stets nur tangential.

[0022] Gleiches gilt selbstverständlich, wenn die Ellipse über die gemessene Kurve g verschoben wird. Die Sollverstärkungskurve se schneidet dann die Ellipse nie.

[0023] Anstelle einer Ellipse könnte zur Ermittlung des Sollverstärkungsfrequenzgangs se auch ein Kreis oder ein anderes Gebilde bzw. eine andere Funktion verwendet werden. Ein Kreis würde beispielsweise einen Orthogonalabstand zwischen den beiden Kurven g und se sicherstellen.

[0024] In dem oben dargestellten Beispiel ist der Minimalabstand der beiden Frequenzgänge über dem gesamten Frequenzbereich auf die gleiche Weise ermittelt. Entsprechend einer alternativen Ausführungsform kann der Abstand in ein oder mehreren Teilen des Frequenzbereichs mit unterschiedlichen Methoden festgelegt werden. Beispielsweise könnte der Abstand im niederen Frequenzbereich, wo kaum Resonanzen zu erwarten sind, verhältnismäßig niedrig und im höheren Frequenzbereich entsprechend höher gewählt werden.

[0025] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Wahl des Sollverstärkungsfrequenzgangs ist, dass der vertikale Abstand zum Grenzverstärkungsfrequenzgang eventuell nicht so groß ausfallen muss, da im Fall einer reinen vertikalen Beabstandung entsprechend der Kurve sv für die Erreichung eines genügenden Horizontalabstands der vertikale Abstand wesentlich größer sein müsste.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verstärkung eines Akustiksignals insbesondere für ein Hörgerät durch

- Aufnehmen eines Grenzverstärkungsfrequenzgangs (g) der Verstärkungseinrichtung, welcher die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt,

gekennzeichnet durch

- Erstellen eines Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) mit mehreren Stützpunkten, bei dem jeder Stützpunkt zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang in mindestens zwei verschiedenen Richtungen im Verstärkungs-Frequenzdia-

- gramm einen jeweils vorgegebenen Mindestabstand besitzt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der jeweilige Minimalabstand des Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) von dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in horizontaler und vertikaler Richtung vorgegeben ist. 5
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abstand zwischen Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs mit Hilfe einer Ellipse bestimmt wird, deren Mittelpunkt die Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs definiert, wenn sie entlang der Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs verschoben wird und letzteren dabei stets tangiert. 10 15
 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abstand zwischen Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs mit Hilfe eines Kreises bestimmt wird, dessen Mittelpunkt auf der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) verschoben wird und der die Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs (g) dabei stets tangiert. 20 25
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Abstand zwischen Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in mindestens zwei Frequenzbereichen unterschiedlich eingestellt wird. 30
 6. Akustiksystem mit 35
 - einer Verstärkungseinrichtung und
 - einer Aufnahmeeinrichtung zur Aufnahme eines Grenzverstärkungsfrequenzgangs (g) der Verstärkungseinrichtung, welche die Grenze für Rückkopplungspfeifen darstellt, 40
 - gekennzeichnet durch**
 - eine Recheneinrichtung zum Erstellen eines Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) mit mehreren Stützpunkten, bei dem jeder Stützpunkt zu dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in mindestens zwei verschiedenen Richtungen im Verstärkungs-Frequenzdiagramm einen jeweils vorgegebenen Minimalabstand besitzt, und zum Einspeisen des Sollverstärkungsfrequenzgangs in die Verstärkungseinrichtung. 45 50
 7. Akustiksystem nach Anspruch 6, wobei in der Recheneinrichtung der jeweilige Minimalabstand des Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) von dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in horizontaler und vertikaler Richtung vorgebar ist. 55
 8. Akustiksystem nach Anspruch 6 oder 7, wobei in der Recheneinrichtung der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs mit Hilfe einer Ellipse bestimmbar ist, deren Mittelpunkt auf der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) verschiebbar ist und die die Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs (g) dabei stets tangiert.
 9. Akustiksystem nach Anspruch 6 oder 7, wobei in der Recheneinrichtung der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) zumindest in einem Teilbereich des Frequenzgangs mit Hilfe eines Kreises bestimmbar ist, dessen Mittelpunkt auf der Kurve des Sollverstärkungsfrequenzgangs (se) verschiebbar ist und der die Kurve des Grenzverstärkungsfrequenzgangs (g) dabei stets tangiert.
 10. Akustiksystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei mit Hilfe der Recheneinrichtung der Abstand zwischen dem Sollverstärkungsfrequenzgang (se) und dem Grenzverstärkungsfrequenzgang (g) in mindestens zwei Frequenzbereichen unterschiedlich einstellbar ist.

