



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.02.2014 Patentblatt 2014/08

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

(21) Anmeldenummer: **13171684.7**

(22) Anmeldetag: **12.06.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd. Singapore 139959 (SG)**

(72) Erfinder: **Fischer, Eghart 91126 Schwabach (DE)**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver Siemens AG Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

(30) Priorität: **17.08.2012 US 201261684166 P 23.01.2013 DE 102013201043**

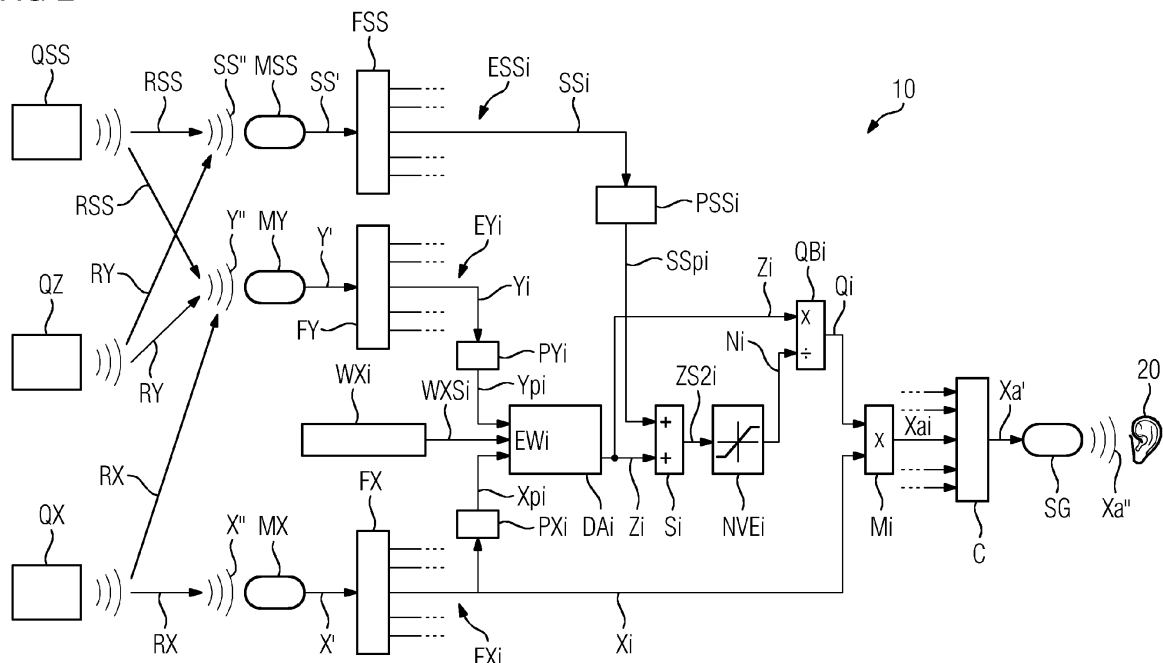
(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts**

(57) Für ein Hörhilfegerät wird ein Verstärkungsfaktor (Q_i) mittels folgender Schritte erzeugt: Bilden (142) eines Zählers (Z_i), wobei der Zähler (Z_i) eine Summe mit einer ersten Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation einer Stärke (X_{pi}) eines näherungsweise ungestörten Signals (X_i) mit einer ersten Wichtung (W_{Xi}) gebildet wird, und eine zweite Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation einer Stärke (Y_{pi}) eines gestörten Signals (Y_i) mit einer zweiten Wichtung (W_{Yi})

gebildet wird; Bilden (144) eines Nenners (N_i), der als einen ersten Summanden den Zähler (Z_i) und als einen zweiten Summanden eine Stärke (SS_{pi}) eines Störsignals (SS_i) umfasst; Ermitteln (146) des Verstärkungsfaktors (Q_i) mittels Bildung eines Quotienten (Q_i) aus dem Zähler (Z_i) geteilt durch den Nenner (N_i).

Außerdem wird eine Vorrichtung (10) bereitgestellt, die dazu vorbereitet ist, das erfindungsgemäße Verfahren (100) durchzuführen.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: Ermitteln einer Stärke eines näherungsweise ungestörten Signals, Ermitteln einer Stärke eines Störsignals, Ermitteln einer Stärke eines gestörten Signals, und Erzeugen des Verstärkungsfaktors. Die Stärke des näherungsweise ungestörten Signals und/oder die Stärke des Störsignals und/oder die Stärke des gestörten Signals kann jeweils beispielsweise ein gleitender Mittelwert einer Momentanleistung, ein gleitender Mittelwert eines Effektivwerts oder ein gleitender Mittelwert eines zeitlichen Verlaufs eines anderen Amplitudenwerts (beispielsweise eines Schalldrucks, eines Spannungs- oder eines Stromsignals) sein. Der gleitende Mittelwert kann beispielsweise mittels einer Abtastung eines Spannungssignals und einer nachfolgenden Filterung mittels eines Tiefpasses erzeugt werden. Das Spannungssignal kann ein Spannungssignal sein, das beispielsweise mittels eines Einweggleichrichters oder mittels eines Brückengleichrichters erzeugt wird. Das gleichgerichtete Spannungssignal kann auch (ohne Abtastung) direkt einer Tiefpassfilterung zugeführt werden.

[0002] Außerdem betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung.

[0003] Hörgeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörgeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgerät mit externem Hörer (RIC: *receiver in the canal*) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), bereitgestellt. Die beispielhaft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

[0004] Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z. B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1 zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0005] Geräuschverringerungsalgorithmen, die in heutigen Hörhilfegeräten verwendet werden, basieren meistens auf der folgenden Gleichung für ein Wiener-Filter. Hierbei berechnet sich ein Verstärkungsfaktor Q_1 als Quotient aus einer ermittelten Stärke X_{pi} eines näherungsweise ungestörten Signals X_i geteilt durch eine Summe aus der ermittelten Stärke X_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X und einer ermittelten Stärke SS_{pi} eines Störsignals SS_i : $Q_1 = X_{pi} / (X_{pi} + SS_{pi})$.

[0006] Bei einem schlechten Signal-Rausch-Verhältnis wird der Verstärkungsfaktor sehr klein und kann somit numerisch schwer handhabbar werden (beispielsweise aufgrund von Quantisierungsfehlern). Unter einem schlechten Signal-Rausch-Verhältnis wird hier und im Folgenden ein kleines Verhältnis X_{pi}/Y_{pi} zwischen der ermittelten Stärke X_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X_i und der ermittelten Stärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i verstanden.

[0007] Aus diesem Grund ist es bei Anwendung obiger Gleichung für ein Wiener-Filter heute üblich, den Verstärkungsfaktor Q_1 nach unten zu begrenzen, indem eine Dämpfung auf 6 dB oder auf 10 dB begrenzt wird.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein alternatives Verfahren bereitzustellen, mit dem eine zuverlässige Ermittlung eines Verstärkungsfaktors auch bei schlechten Signal-Rausch-Verhältnissen durchgeführt werden kann.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass das Erzeugen des Verstärkungsfaktors folgende Schritte umfasst: Ermitteln einer Stärke eines näherungsweise ungestörten Signals, Ermitteln einer Stärke eines Störsignals, Ermitteln einer Stärke eines gestörten Signals und Erzeugen des Verstärkungsfaktors. Das Erzeugen des Verstärkungsfaktors umfasst folgende Schritte: Bilden eines Zählers, wobei der Zähler eine Summe mit einer ersten Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation der Stärke des näherungsweise ungestörten Signals mit einer ersten Wichtung gebildet wird, und eine zweite Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation der Stärke des gestörten Signals mit einer zweiten Wichtung gebildet wird, Bilden eines Nenners, der als einen ersten Summanden den Zähler und als einen zweiten Summanden die Stärke des Störsignals umfasst, und Ermitteln des Verstärkungsfaktors mittels Bildung eines Quotienten aus dem Zähler geteilt durch den Nenner.

[0010] In Bezug auf die Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorbereitet ist.

[0011] Durch die spezielle Form des Nenners des Quotienten ist der Wertebereich des Verstärkungsfaktors (unter

Randbedingungen, die in der Figurenbeschreibung erläutert werden) auf einen numerisch gut handhabbaren Bereich (der beispielsweise zwischen 0,5 und 1 liegt) implizit und in stetig differenzierbarer Weise begrenzt. Mit Begrenzen in 'stetig differenzierbarer Weise' ist gemeint, dass eine nicht stetig differenzierbare Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors von einer Stärke des gestörten Signals und/oder von einer Stärke des Störsignals vermieden wird.

[0012] Dadurch, dass das Verfahren auch den Schritt eines Ermitteln einer Stärke eines gestörten Signals umfasst und dass das Bilden des Zählers ein Aufaddieren der ersten Summenkomponente und einer zweiten Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation der Stärke des gestörten Signals mit einer zweiten Wichtung gebildet wird, wird ein Einfluss des näherungsweise ungestörten Signals auf eine Signalsenke erhöht, wenn ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis vorliegt, und der Einfluss des näherungsweise ungestörten Signals auf die Signalsenke wird verringert, wenn ein schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis vorliegt. Die Signalsenke kann beispielsweise das Ohr eines Hörgeräteträgers sein, für den ein akustisches Signal unter Berücksichtigung des gestörten Signals erzeugt wird.

[0013] Es kann auch vorteilhaft sein, wenn die zweite Wichtung mittels Subtraktion der ersten Wichtung von einem konstanten Wert ermittelt wird. Hierdurch wird eine Dämpfung eines der beiden Signale an eine Dämpfung des anderen Signals mittels einer Operation angepasst, die mit minimalem Aufwand schnell und effizient durchführbar ist.

[0014] Eine Weiterbildung sieht vor, dass die erste Wichtung mittels einer Handhabe von Hand einstellbar ist. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Wichtung mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung einstellbar sein. Die selbsttätige Steuerung oder Regelung kann die erste Wichtung beispielsweise in Abhängigkeit einer Auswertung des näherungsweise ungestörten Signals und/oder des Störsignals und/oder des gestörten Signals einstellen. Alternativ oder zusätzlich ist es auch vorstellbar, dass die selbsttätige Steuerung oder Regelung die erste Wichtung in Abhängigkeit einer Auswertung des im Folgenden definierten ersten Signals und/oder des im Folgenden definierten zweiten Signals und/oder des im Folgenden definierten dritten Signals einstellt. Entsprechend können die für eine Einstellbarkeit der ersten Wichtung beschriebenen Merkmalskombinationen alternativ oder zusätzlich auch für eine Einstellbarkeit der zweiten Wichtung vorgesehen sein.

[0015] Eine alternative oder zusätzliche Weiterbildung sieht vor, dass das näherungsweise ungestörte Signal ein bandbegrenzter Teil eines ersten Signals ist und/oder dass das Störsignal ein bandbegrenzter Teil eines zweiten Signals ist und/oder dass das gestörte Signal ein bandbegrenzter Teil eines dritten Signals ist. Mittels einer frequenzabschnittweisen Anwendung des Verfahrens können gezielt speziell diejenigen Signalanteile des gestörten Signals gedämpft werden, die ein schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis aufweisen, während diejenigen Signalanteile des gestörten Signals nicht oder weniger stark gedämpft werden, die ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis aufweisen.

[0016] Für eine Anwendung im akustischen Bereich kann es zweckmäßig sein, wenn das Störsignal aus einem zweiten Signal ermittelt wird, das aus einer zweiten räumlichen Richtung empfangen wird, die von einer ersten räumlichen Richtung abweicht, aus der ein erstes Signal empfangen wird, aus dem das näherungsweise ungestörte Signal abgeleitet wird. Hierdurch werden der Signalsenke bevorzugt Signale zugeführt, die aus der ersten räumlichen Richtung empfangen werden, wobei Signale die aus der zweiten Richtung empfangen werden, unterdrückt werden. Insbesondere bevorzugt ist, wenn die zweite räumliche Richtung der ersten räumlichen Richtung entgegengerichtet ist. Hierdurch ist eine optimale Unterdrückung eines Störsignals möglich, das nicht von der Nutzquelle stammt.

[0017] Eine bevorzugte Ausführungsform ergibt sich, wenn das gestörte Signal aus einem dritten Signal abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das zweite Signal empfangen wird.

[0018] Eine alternativ oder zusätzlich mögliche Weiterbildung besteht darin, dass das gestörte Signal aus einem dritten Signal abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das erste Signal empfangen wird. Jede der beiden vorgenannten Maßnahmen stellt einen Beitrag dafür dar, dass der Signalsenke auch ungedämpfte oder mit einer geringen Dämpfung gedämpfte Signale zuführbar sind, die aus anderen Richtungen als der ersten Richtung kommen.

[0019] Besonders bevorzugt ist, wenn das erste, zweite und/oder dritte Signal ein akustisches Signal ist, das mittels eines Hörhilfegeräts erfasst wird. Hierdurch kann das Verfahren dazu genutzt werden, einen Nutzen eines Hörhilfegeräts zu verbessern.

[0020] Die Erfindung ist anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Hörhilfegerät gemäß dem Stand der Technik im stark vereinfachten Blockschaltbild,

FIG 2 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts,

FIG 3 ein dreidimensionales Diagramm über die Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors von einer ersten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des näherungsweise ungestörten Signals und einem Pegel des gestörten Signals und einer zweiten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des Störsignals und einem Pegel des gestörten Signals für den Fall, dass das gestörte Signal nicht berücksichtigt wird,

FIG 4 ein dreidimensionales Diagramm über die Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors von einer ersten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des näherungsweise ungestörten Signals und einem Pegel des gestörten Signals und einer zweiten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des Störsignals zu einem Pegel des gestörten Signals für den Fall, dass das näherungsweise ungestörte Signal nicht berücksichtigt wird,

FIG 5 ein dreidimensionales Diagramm über die Abhängigkeit des Verstärkungsfaktors von einer ersten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des näherungsweise ungestörten Signals und einem Pegel des gestörten Signals und einer zweiten Pegeldifferenz zwischen einem Pegel des Störsignals und einem Pegel des gestörten Signals für den Fall, dass das näherungsweise ungestörte und das gestörte Signal je zur Hälfte berücksichtigt werden, und

FIG 6 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts.

[0021] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0022] FIG 1 zeigt im stark vereinfachten Blockschaltbild den Aufbau eines Hörhilfegerätes nach dem Stand der Technik. Hörhilfegeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen oder mehrere Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z.B. ein Mikrofon, oder ein elektromagnetischer Empfänger, z.B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z.B. Miniaturlautsprecher bzw. Hörer, oder als elektromechanischer Wandler, z.B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes 1 dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 2 zum Tragen hinter dem Ohr sind zwei Mikrofone 3 und 4 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 5, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 2 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 5 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 6 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Hörgeräteträgers übertragen. Die Energieversorgung des Hörgerätes und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 5 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 2 integrierte Batterie 7.

[0023] Die in FIG 2 gezeigte Vorrichtung 10 zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts weist drei Eingänge EYi, ESSi, EXi für je ein Mikrofonsignal Y', SS', X' auf. Der erste Eingang EXi ist für ein bandpassbegrenztes Mikrofonsignal Xi vorgesehen, das aus einer Richtung RX empfangen wird, in der sich eine akustische Nutzquelle QX befindet, deren Schallsignal X" einem Ohr 20 eines Hörgeräteträgers in aufbereiteter Form zugeführt werden soll. Der zweite Eingang ESSi ist für ein bandpassbegrenztes Mikrofonsignal SSi vorgesehen, das aus einer Richtung RSS empfangen wird, in der sich eine akustische Störquelle QSS befindet, deren Schallsignal SS" als reines Störsignal anzusehen ist. Der dritte Eingang EYi ist für ein bandpassbegrenztes Mikrofonsignal Yi vorgesehen, das mit einer Rundumcharakteristik, also von einer oder mehreren Schallquellen QZ, QSS empfangen wird, die sich in einer oder mehreren beliebigen unbestimmten Richtungen befinden, die nicht mit der Richtung RX übereinstimmen.

[0024] Der Übersicht halber sind in der FIG 2 unterschiedliche Mikrofone MX, MY, MSS zur Erzeugung der Mikrofonsignale Y', Y' und SS' eingezeichnet. Typischerweise werden jedoch alle drei Mikrofonsignale Y', Y' und SS' mittels eines einzigen Doppelmikrophons erzeugt, dessen Richtcharakteristik elektronisch variierbar ist. Die Spitzen der Richtungspfeile RX, RY und RSS von den verschiedenen Schallquellen QSS, QX, QZ enden also typischerweise am selben Ort.

[0025] Das Doppelmikrophon umfasst vorzugsweise ein erstes und ein zweites Mikrofon, das jeweils eine Rundstrahl-Empfangscharakteristik aufweist. Typischerweise sind die beiden Mikrophone in einem Abstand von 6 bis 10 mm auf Richtung RX bezogen hintereinander angeordnet. Mittels einer Laufzeitverzögerung des elektrischen Ausgangssignals eines der beiden Mikrophone, die an einen akustischen Laufzeitunterschied in RX-Richtung angepasst ist, und einer Subtraktion des laufzeitverzögerten Ausgangssignals von dem Ausgangssignals des anderen Mikrophones (oder mittels einer umgekehrten Subtraktion) erhält das Doppelmikrophon in seinem Klemmenverhalten eine Nieren-Empfangscharakteristik.

[0026] Die Einheiten FX, FY und FSS sind Filterbänke, die dazu vorbereitet sind, das jeweilige Mikrofonsignal X', Y' bzw. SS' in mehrere bandbegrenzte Eingangssignale Xi, Yi, SSi zu wandeln, die im Frequenzbereich benachbart sind. Mit dem Buchstaben i in den Bezugszeichen wird daran erinnert, dass die Schaltungsteile zwischen den Filterbänken FSS, FX, FY und dem Frequenzmultiplexer C mehrfach ausgeführt ist.

[0027] Die Signalstärkenermittler PXi, PYi und PSSi sind dazu vorbereitet aus den bandbegrenzten Eingangssignalen Xi, Yi, SSi jeweils eine Signalstärke Xpi, Ypi, SSpi zu ermitteln.

[0028] Alternativ kann mindestens eine der Einheiten FX, FY, FSS oder jede der Einheiten FX, FY, FSS dazu ausgebildet sein, das ihr zugeführte Mikrofonsignal X', Y' bzw. SS' im Zeitbereich mittels eines Fouriertransformators jeweils

in eine Amplitudenverteilungsdichtefunktion über der Frequenz umzuwandeln und deren Signalstärke in (vorzugsweise äquidistanten) Frequenzabständen abzutasten.

[0029] Die Vorrichtung 10 umfasst einen Differentialaddierer DA_i , der die beiden Signalstärken X_{pi} und Y_{pi} aufaddiert und den aufaddierten Signalstärkenwert als ein erstes Zwischensignal Z_i (Zähler Z_i) bereitstellt. Vor dem Aufaddieren der Signalstärken der beiden Signalstärken X_{pi} , Y_{pi} wendet der Differentialaddierer DA_i auf die Signalstärke X_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X_i eine erste Wichtung WX_i an und auf die Signalstärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i eine zweite Wichtung WY_i an. Der Differentialaddierer DA_i weist einen Eingang EW_i für ein Wichtungssignal WXS_i auf, dessen Wert WX_i von Hand eingestellt werden kann und/oder dessen Wert WX_i mittels einer (in den Figuren nicht dargestellten) selbsttätigen Steuerung oder Regelung eingestellt wird. Die erste Wichtung WX_i entspricht dem Wert des Wichtungssignals WXS_i . Der Differentialaddierer DA_i ermittelt die zweite Wichtung $WY_i = 1 - WX_i$ mittels einer Subtraktion der ersten Wichtung WX_i von 1.

[0030] Die Vorrichtung 10 umfasst einen Summierer Si , der das erste Zwischensignal Z_i (Zähler Z_i) und die Signalstärke des Störsignals SS_i aufaddiert. Das Ergebnis ist ein zweites Zwischensignal $ZS2_i$. Eine Nullstellenvermeidungseinheit NVE_i wandelt das zweite Zwischensignal $ZS2_i$ in ein nullstellenfreies drittes Zwischensignal N_i (Nenner N_i) um. Damit wird eine nachfolgende Division durch Null vermieden. Außerdem umfasst die Vorrichtung 10 einen Quotientenbildner QBi , der einen Verstärkungsfaktor Q_i (Quotient Q_i) mittels Teilung des ersten Zwischensignals Z_i (Zähler Z_i) durch das dritte Zwischensignal N_i (Nenner N_i) erzeugt. Darüberhinaus umfasst die Vorrichtung 10 einen Multiplizierer Mi , um den Verstärkungsfaktor Q_i auf das näherungsweise ungestörte Signal X_i anzuwenden und ein frequenzbandspezifisches Ausgangssignal Xai zu bilden. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung 10 einen Frequenzmultiplexer C , um die frequenzbandspezifischen Ausgangssignale Xai der verschiedenen Frequenzbänder zu einem synthetisierten Ausgangssignal Xa' zusammenzufassen. Das synthetisierte Ausgangssignal Xa' wird einem Schallgeber SG zugeführt, der das synthetisierte Ausgangssignal Xa' in ein entsprechendes Schallsignal Xa'' umwandelt, das einem Ohr 20 eines Hörhilfegeräteträgers zugeführt wird.

[0031] Die FIG 3, 4, 5 zeigen in dB (also in dreifachlogarithmischer Darstellung) für unterschiedliche Werte des Wichtungssignals WX_i wie ein Verstärkungsfaktor Q_i von einer ersten Pegeldifferenz $V1$ zwischen einer Signalstärke X_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X_i und einer Signalstärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i und von einer zweiten Pegeldifferenz $V2$ zwischen einer Signalstärke SS_{pi} des Störsignals SS_i und der Signalstärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i abhängt.

[0032] In FIG 3 ist die erste Wichtung WX_i so eingestellt, dass die Signalstärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i nicht in den Verstärkungsfaktor Q_i eingeht. In FIG 4 ist die erste Wichtung WX_i so eingestellt, dass näherungsweise die Signalstärke Y_{pi} des ungestörten Signals X_i nicht in den Verstärkungsfaktor Q_i eingeht. Bei FIG 5 ist die erste Wichtung WX_i so eingestellt, dass die Signalstärke X_{pi} , Y_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X_i beziehungsweise des gestörten Signals Y_i je zur Hälfte in den Verstärkungsfaktor Q_i eingehen.

[0033] Wie die rechte obere Kante 32 des Verstärkungsfaktorverlaufs Q_iV aller drei Diagramme zeigt, ist der Verstärkungsfaktor Q_i unabhängig von der Wichtung WX_i in jedem Fall hoch, wenn die zweite Pegeldifferenz $V2$ niedrig ist.

[0034] Wie die untere Ecke 34 des Verstärkungsfaktorverlaufs Q_iV aller drei Diagramme zeigt, ist der Verstärkungsfaktor Q_i unabhängig von der Wichtung WX_i in jedem Fall hoch, in dem die erste Pegeldifferenz $V1$ niedrig ist und zugleich die zweite Pegeldifferenz $V2$ hoch ist.

[0035] Die Wichtung WX_i hat also nur dann eine erhebliche Auswirkung auf den Verstärkungsfaktor Q_i , wenn die zweite Pegeldifferenz $V2$ nicht klein ist. In diesem Fall ist die Auswirkung auf den Verstärkungsfaktor Q_i um so größer, je größer die erste Pegeldifferenz $V1$ ist.

[0036] Das in der FIG 6 gezeigte Verfahren 100 zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors eines Hörhilfegeräts umfasst folgende Schritte: In einem ersten Schritt 110 wird eine Signalstärke X_{pi} eines näherungsweise ungestörten Signals X_i ermittelt. In einem zweiten Schritt 120 wird eine Signalstärke SS_{pi} eines Störsignals SS_i ermittelt. In einem dritten Schritt 130 wird eine Signalstärke Y_{pi} eines gestörten Signals Y_i ermittelt. In einem vierten Schritt 140 wird ein Verstärkungsfaktor Q_i erzeugt. Das Erzeugen 140 des Verstärkungsfaktors Q_i umfasst folgende Teilschritte. In einem ersten Teilschritt 142 wird ein Zähler Z_i gebildet. Der Zähler Z_i umfasst eine Summe mit einer ersten Summenkomponente, die mittels Multiplikation der Signalstärke X_{pi} des näherungsweise ungestörten Signals X_i mit einer ersten Wichtung WX_i gebildet wird, und eine zweite Summenkomponente, die mittels Multiplikation der Signalstärke Y_{pi} des gestörten Signals Y_i mit einer zweiten Wichtung WY_i gebildet wird. In einem zweiten Teilschritt 144 wird ein Nenner N_i gebildet, der als einen ersten Summanden den Zähler Z_i und als einen zweiten Summanden die Signalstärke SS_{pi} des Störsignals SS_i umfasst. In einem dritten Teilschritt 146 wird ein Verstärkungsfaktor Q_i mittels Bildung eines Quotienten Q_i aus dem Zähler Z_i geteilt durch den Nenner N_i ermittelt.

[0037] Besonders bevorzugt ist, wenn die zweite Wichtung WY_i mittels Subtraktion der ersten Wichtung WX_i von einem konstanten Wert ermittelt wird.

[0038] Auch ist es zweckmäßig, wenn die erste Wichtung WX_i mittels einer Handhabe von Hand einstellbar ist und/oder wenn die erste Wichtung WX_i mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung einstellbar ist und/oder wenn die zweite Wichtung WY_i mittels einer Handhabe von Hand einstellbar ist und/oder wenn die zweite Wichtung WY_i mittels

einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung einstellbar ist.

[0039] In Akustikanwendungen kann es von Vorteil sein, wenn das näherungsweise ungestörte Signal X_i ein bandbegrenzter Teil eines ersten Mikrofonsignals X' ist und/oder wenn das Störsignal SS_i ein bandbegrenzter Teil eines zweiten Mikrofonsignals SS' ist und/oder wenn das gestörte Signal Y_i ein bandbegrenzter Teil eines dritten Mikrofonsignals Y' ist.

[0040] Zum richtungsspezifischen Unterdrücken von Störsignalen ist es zweckmäßig, wenn das Störsignal SS_i aus einem zweiten Signal SS' ermittelt wird, das aus einer zweiten räumlichen Richtung RSS empfangen wird, die von einer ersten räumlichen Richtung RX abweicht, aus der ein erstes Signal X' empfangen wird, aus dem das näherungsweise ungestörte Signal X_i abgeleitet wird.

[0041] Vorzugsweise ist die erste räumliche Richtung RX der zweiten räumlichen Richtung RSS entgegengerichtet.

[0042] Eine Weiterbildung sieht vor, dass das gestörte Signal Y_i aus einem dritten Signal Y' abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das zweite Signal SS' empfangen wird.

[0043] Eine alternativ oder zusätzlich mögliche Weiterbildung sieht vor, dass das gestörte Signal Y_i aus einem dritten Signal Y' abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das erste Signal X' empfangen wird.

[0044] In Hörhilfegeräteanwendungen ist das erste X' , zweite SS' und/oder dritte Signal Y' typischerweise ein akustisches Signal, das mittels eines Hörhilfegeräts 10 erfasst wird.

[0045] Erfindungsgemäß wird also vorgeschlagen, den Verstärkungsfaktor Q_i nach folgender Formel (1) zu ermitteln:

$$Q_i = (X_{pi} \cdot W_{Xi} + Y_{pi} \cdot W_{Yi}) / (X_{pi} \cdot W_{Xi} + Y_{pi} \cdot W_{Yi} + SS_{pi}).$$

[0046] Für $X_{pi} \cdot W_{Xi} + Y_{pi} \cdot W_{Yi} > 0$ ist dies gleichwertig mit der Formel (2): $Q_i = 1 / (1 + SS_{pi} / (X_{pi} \cdot W_{Xi} + Y_{pi} \cdot W_{Yi}))$.

[0047] Unter der Annahme, dass $Y_{pi} = SS_{pi} + X_{pi}$ und $W_{Xi} + W_{Yi} = 1$ gilt, ergibt sich damit Formel (3):

$$Q_i = 1 / (1 + SS_{pi} / (X_{pi} + SS_{pi} \cdot W_{Yi})).$$

[0048] Wenn ein Verhältnis (Signal-Rausch-Verhältnis) der Stärke X_{pi} des ungestörten Signals zu der Stärke SS_{pi} des Störsignals mit $v := X_{pi} / SS_{pi}$ definiert ist, führt dies zu Formel (4):

$$Q_i = 1 / (1 + 1 / (v + W_{Yi})).$$

[0049] Im einem ersten Extremfall hat das Störsignal eine vernachlässigbare Stärke, so dass v ein sehr hoher Wert ist und sich der Verstärkungsfaktor Q_i dann (unabhängig vom Verhältnis zwischen W_{Xi} und W_{Yi}) näherungsweise wie folgt berechnet:

$$Q_i = 1.$$

[0050] In einem zweiten Extremfall ist die Stärke SS_{pi} des gestörten Signals näherungsweise genauso groß wie die Stärke Y_{pi} des Störsignals, so dass die Stärke X_{pi} des ungestörten Signals dann vernachlässigbar ist, v näherungsweise Null beträgt und sich der Verstärkungsfaktor Q_i dann näherungsweise wie folgt berechnet: $Q_i = 1 / (1 + 1 / W_{Yi})$. Wenn die zweite Wichtung W_{Yi} zwischen 0 und 1 liegt, ergibt sich damit je nach Größe der zweiten Wichtung W_{Yi} für den zweiten Extremfall ein Verstärkungsfaktor Q_i , der zwischen 0 und 0,5 liegt.

[0051] In einem dazwischen liegenden Fall unterscheidet sich die Stärke SS_{pi} des Störsignals nur unwesentlich von der Stärke X_{pi} des ungestörten Signals, so dass $v = 1$ beträgt und sich der Verstärkungsfaktor Q_i näherungsweise wie folgt berechnet: $Q_i = 1 / (1 + 1 / (1 + W_{Yi}))$. Damit ergibt sich, wenn die zweite Wichtung W_{Yi} zwischen 0 und 1 liegt, je nach Größe der zweiten Wichtung W_{Yi} für den dazwischen liegenden Fall ein Verstärkungsfaktor Q_i , der zwischen 1/2 und 2/3 liegt.

[0052] Typischerweise wird W_{Yi} auf einen Wert eingestellt, der größer als 0,1, vorzugsweise größer als 0,2, insbesondere bevorzugt größer als 0,4, ist. Alternativ oder zusätzlich wird W_{Yi} auf einen Wert eingestellt, der kleiner als 0,9, vorzugsweise größer als 0,8, insbesondere bevorzugt kleiner als 0,6, ist.

[0053] In einem typischen Fall ist näherungsweise $v = 0,8$ und der Verstärkungsfaktor Q_i berechnet sich dann näherungsweise wie folgt: $Q_i = 1 / (1 + 1 / (0,8 + W_{Yi}))$. Damit ergibt sich, eine Dämpfung um 6 dB = 0,5, wenn $W_{Yi} = 0,2$

beträgt. Bei $WY_i = 0,8$ beträgt die Dämpfung dann etwa 0,6. Wenn WY_i kleiner als 0,2 ist, ergeben sich in diesem Fall Dämpfungswerte, die kleiner als 0,5 sind.

[0054] Mit Formel (4) kann ausgerechnet werden, wie groß $(v + WY_i)$ sein muss, damit der Verstärkungsfaktor Q_i einen bestimmten Minimalwert Q_{min} nicht unterschreitet ($Q_i \geq Q_{min}$). Aus $Q_{min} \leq 1/(1 + 1/(v + WY_i))$ folgt für positive Werte von $(v + WY_i)$ Formel (5): $v + WY_i \geq Q_{min}/(1 - Q_{min})$.

[0055] Wenn der Verstärkungsfaktor Q_i mindestens 0,5 (der Dämpfungsfaktor also höchstens 6dB betragen) soll, muss $v + WY_i$ mindestens 1 betragen ($WY_i \geq 1 - v$). Dafür muss dann gelten:

$$WY_i \geq 1 - X_{pi}/SS_{pi}.$$

Mit $WY_i = 1 - WX_i$ gilt dann auch $WX_i \leq v$, d.h.:

$$WX_i \leq X_{pi}/SS_{pi}.$$

[0056] Es kann daher zweckmäßig sein, die in den Ansprüchen definierten und/oder der Beschreibung vorbeschriebenen Ausführungsformen der Beschreibung weiterzubilden, indem die erste Wichtung WX_i mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung nach oben auf den Wert $v = X_{pi}/SS_{pi}$ begrenzt oder eingestellt wird und/oder die zweite Wichtung WY_i mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung nach unten auf den Wert $(1 - X_{pi}/SS_{pi}) = (1 - v)$ begrenzt oder eingestellt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zum Bestimmen eines Verstärkungsfaktors (Q_i) eines Hörhilfegeräts, wobei das Verfahren (100) folgende Schritte umfasst:

- Ermitteln (110) einer Stärke (X_{pi}) eines näherungsweise ungestörten Signals (X_i),
- Ermitteln (120) einer Stärke (SS_{pi}) eines Störsignals (SS_i),
- Ermitteln (130) einer Stärke (Y_{pi}) eines gestörten Signals (Y_i),
- Erzeugen (140) des Verstärkungsfaktors (Q_i),

dadurch gekennzeichnet, dass

das Erzeugen (140) des Verstärkungsfaktors (Q_i) folgende Schritte umfasst:

- Bilden (142) eines Zählers (Z_i), wobei der Zähler (Z_i) eine Summe mit einer ersten Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation der Stärke (X_{pi}) des näherungsweise ungestörten Signals (X_i) mit einer ersten Wichtung (WX_i) gebildet wird, und eine zweite Summenkomponente umfasst, die mittels Multiplikation der Stärke (Y_{pi}) des gestörten Signals (Y_i) mit einer zweiten Wichtung (WY_i) gebildet wird;
- Bilden (144) eines Nenners (N_i), der als einen ersten Summanden den Zähler (Z_i) und als einen zweiten Summanden die Stärke (SS_{pi}) des Störsignals (SS_i) umfasst;
- Ermitteln (146) des Verstärkungsfaktors (Q_i) mittels Bildung eines Quotienten (Q_i) aus dem Zähler (Z_i) geteilt durch den Nenner (N_i).

2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Wichtung (WY_i) mittels Subtraktion der ersten Wichtung (WX_i) von einem konstanten Wert ermittelt wird.

3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wichtung (WX_i) mittels einer Handhabe von Hand einstellbar ist und/oder dass die erste Wichtung (WX_i) mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung einstellbar ist und/oder dass die zweite Wichtung (WY_i) mittels einer Handhabe von Hand einstellbar ist und/oder dass die zweite Wichtung (WY_i) mittels einer selbsttätigen Steuerung oder Regelung einstellbar ist.

4. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das näherungsweise ungestörte Signal (X_i) ein bandbegrenzter Teil eines ersten Signals (X') ist und/oder dass das Störsignal (SS_i) ein bandbegrenzter Teil eines zweiten Signals (SS') ist und/oder dass das gestörte Signal (Y_i) ein bandbegrenzter Teil eines dritten Signals (Y') ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Störsignal (SSi) aus einem zweiten Signal (SS') ermittelt wird, das aus einer zweiten räumlichen Richtung (RSS) empfangen wird, die von einer ersten räumlichen Richtung (RX) abweicht, aus der ein erstes Signal (X') empfangen wird, aus dem das näherungsweise ungestörte Signal (Xi) abgeleitet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite räumliche Richtung (RSS) der ersten räumlichen Richtung (RX) entgegengerichtet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gestörte Signal (Yi) aus einem dritten Signal (Y') abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das zweite Signal (SS') empfangen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gestörte Signal (Yi) aus einem dritten Signal (Y') abgeleitet wird, das mit einer Richtungsselektivität empfangen wird, die geringer ist als eine Richtungsselektivität, mit der das erste Signal (X') empfangen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste (X'), zweite (SS') und/oder dritte Signal (Y') ein akustisches Signal ist, das mittels eines Hörhilfegeräts (10) erfasst wird.
10. Vorrichtung,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorrichtung (10) dazu vorbereitet ist, ein Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchzuführen.

FIG 1
(Stand der Technik)

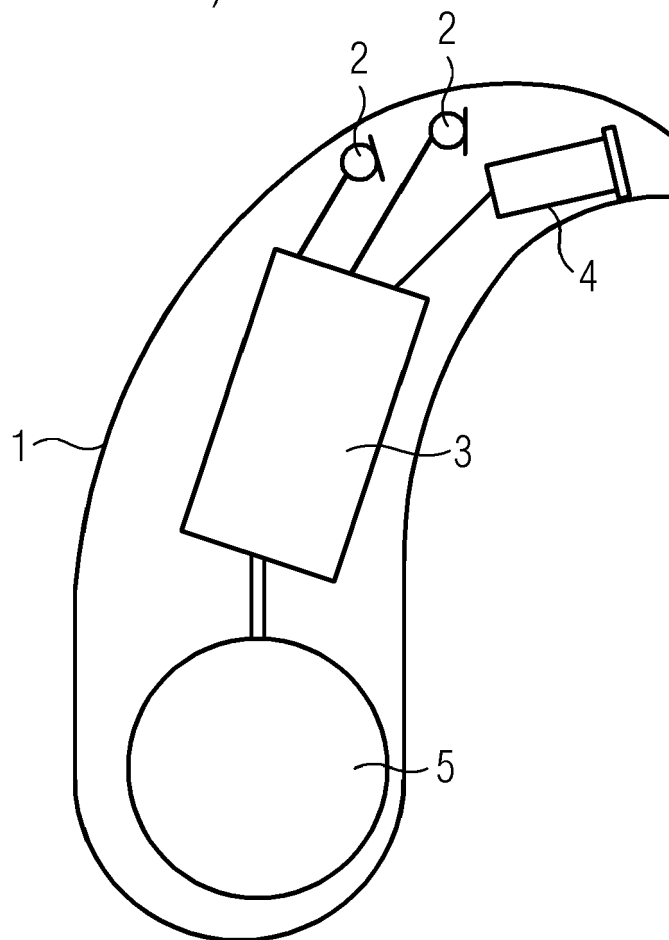


FIG 2

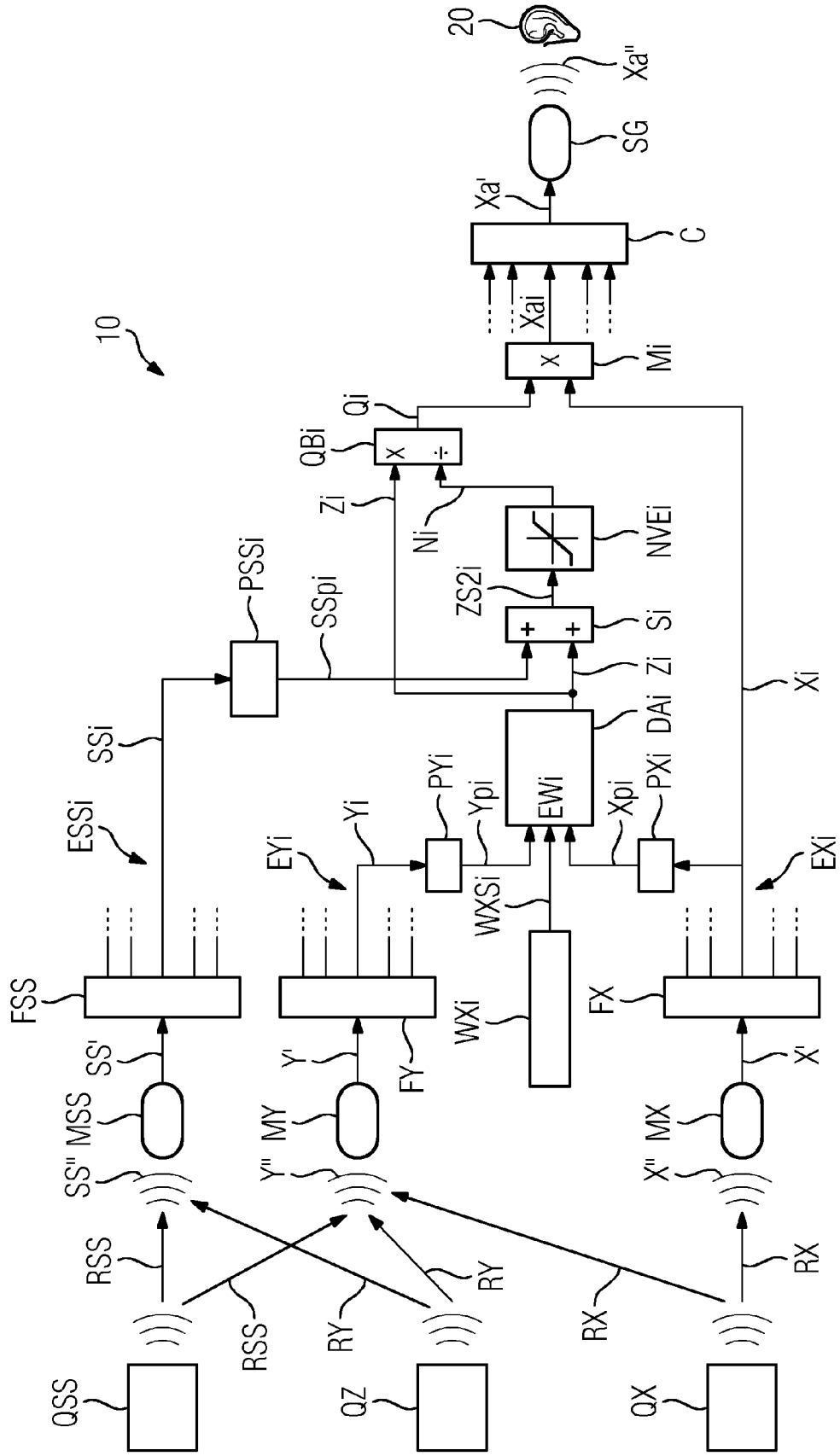


FIG 3

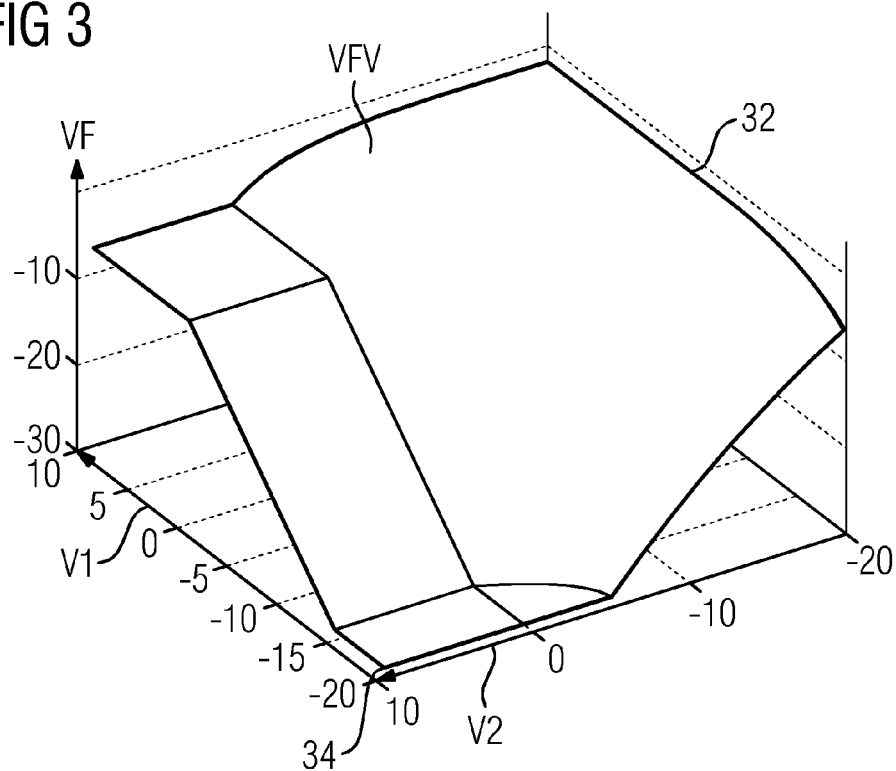


FIG 4

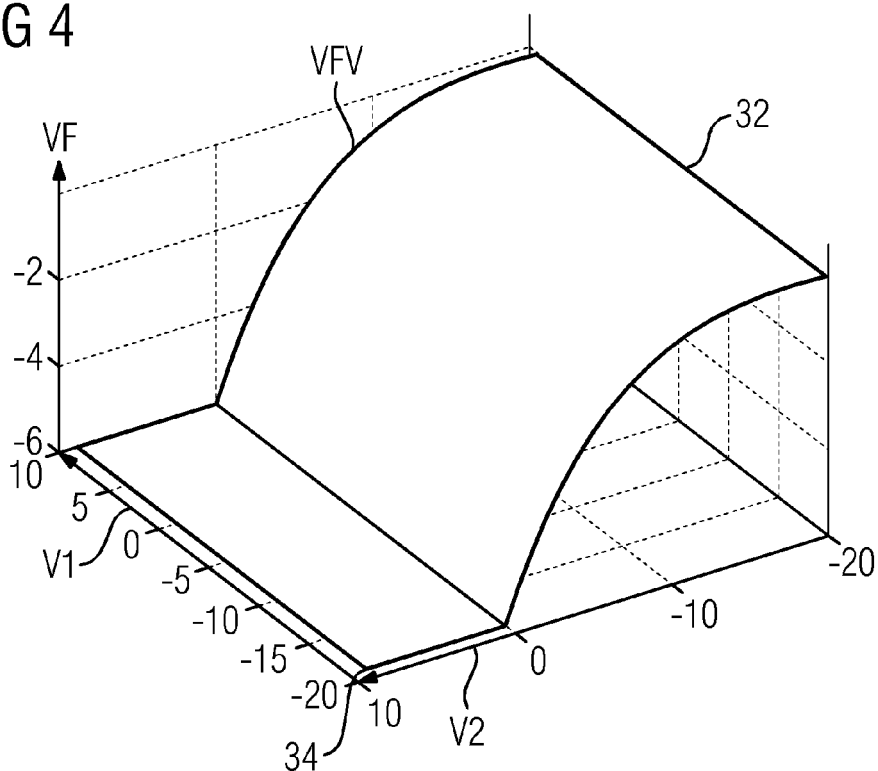


FIG 5

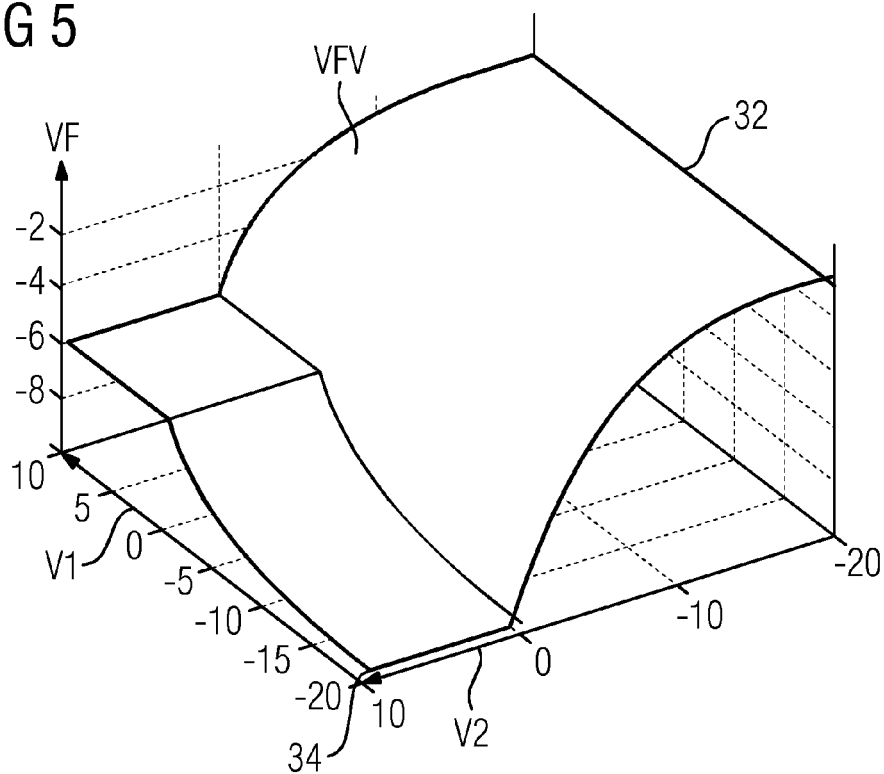


FIG 6

