

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.09.2005 Patentblatt 2005/36

(51) Int Cl.7: H04R 25/00

(21) Anmeldenummer: 05101246.6

(22) Anmeldetag: 18.02.2005

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

(30) Priorität: 05.03.2004 DE 102004010867

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

(72) Erfinder:
• Fischer, Eghart
91126 Schwabach (DE)
• Puder, Henning, Dr.
91052 Erlangen (DE)

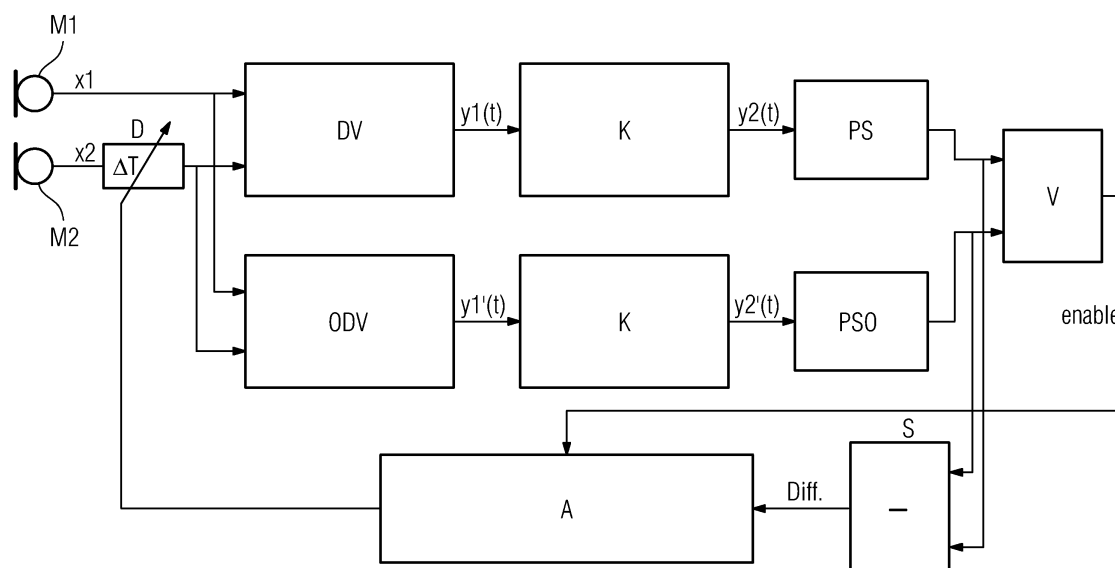
(74) Vertreter: Berg, Peter et al
European Patent Attorney,
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerätemikrofons

(57) Die Phasenunterschiede von Mikrofonen eines Hörgerätemikrofons sollen reduziert werden. Hierzu wird der Pegel eines Ausgangssignals ($y_1(t)$) eines Richtmikrofons mit einem omnidirektionalen Signal ($y_1'(t)$) verglichen. Liegt der Pegel des Ausgangssignals des differenziellen Richtmikrofons ($y_1(t)$) über dem Pegel des omnidirektionalen Signals ($y_1'(t)$), wird durch adaptiven, frequenzselektiven Laufzeitausgleich (A) in einzelnen Frequenzbändern diese Pegeldifferenz mini-

miert und somit eine Phasenanpassung der Mikrophone (M1, M2) erreicht. Bei einem alternativen Verfahren wird die Mikrofonanpassung dadurch erreicht, dass man adaptiv die messbare Verzögerung der beiden Mikrofonssignale (x_1, x_2) in einzelnen Frequenzbändern auf einen Maximalwert begrenzt, der der Schalllaufzeit zwischen den Mikrofonen (M1, M2) entspricht. Somit kann eine Phasenanpassung ohne Kenntnis der Position einer Schallquelle geführt werden.

FIG 6



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Richtmikrofons von einem Hörgerät. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zum Anpassen der Phasen.

[0002] Die Richtwirkung differentieller Mehrmikrophonsysteme hängt entscheidend davon ab, wie gut die verwendeten Mikrofone in ihrem Amplituden- und Phasengang übereinstimmen. Nur wenn die Mikrofone ankommende Signale frequenzabhängig gleich verstärken und verzögern, kann durch die anschließende Differenzbildung der Mikrofonsignale eine exakte Auslöschung in einer oder mehreren Richtungen (räumliche Notches) erzeugt werden.

[0003] Für den Ausgleich der Amplitudenfrequenzgänge ist die Lösung bekannt: Die Amplituden der verwendeten Mikrofone werden an eines der Mikrofone, das man als Referenzmikrofon definiert, angeglichen. Die zum Angleichen/Nachjustieren der Mikrofone notwendigen Verstärkungsfaktoren werden durch Quotientenbildung der zeitlich gemittelten Amplituden der Mikrofonsignale und des Referenzmikrofonsignals berechnet.

[0004] Für den Ausgleich der Mikrofon-Phasendifferenzen, die sich (bei Betrachtung in ausreichend schmalen Frequenzbändern) als Laufzeitunterschiede der Signale der betrachteten Mikrofone interpretieren lassen, ist bisher keine einfache Lösung bekannt. Der Grund ist folgender: Laufzeitunterschiede entstehen auch durch die unterschiedliche Position von Schallquellen in Bezug auf die Mikrofonposition. Sie werden bei differentiellen Richtmikrofonen dezidiert genutzt, um Schalle aus bestimmten Einfallsrichtungen auszulöschen. Die Problematik bei der Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung des Phasenausgleichs ist, dass man zunächst nicht feststellen kann, ob unterschiedlich verzögerte Signale durch Phasen-Mismatch bzw. Phasenverzögerung oder durch unterschiedliche Entfernungen der Quelle zu den einzelnen Mikrofonen entstanden sind. Ein einfacher Laufzeitausgleich ist daher nicht zur Lösung der Problematik geeignet. Hierzu müsste die Position der Quelle bekannt sein. Ist dies nicht der Fall, riskiert man durch den Laufzeitausgleich eine Auslöschung von Signalen aus Richtungen (z.B. von vorne), die man erhalten möchte.

[0005] Die Folge ist, dass exakt vorselektierte Mikrofonpaare bzw. - triplets verwendet werden (müssen), um gute Richtwirkungseigenschaften zu gewährleisten.

[0006] Diese Problematik sei nochmals anhand der Figuren 1 - 3 verdeutlicht. Im linken Teil von FIG 1 ist ein Lautsprecher L dargestellt, der frontal zwei Mikrofone M1 und M2 beschallt. Das Mikrofon M1 liefert ein Ausgangssignal x1. Das Ausgangssignal des zweiten Mikrofons M2 ist baulich bedingt um ΔT verzögert, so dass sich ein Ausgangssignal x2 ergibt. Die gleichen Signale x1 und x2 werden durch die Anordnung in der

rechten Hälfte von FIG 1 erhalten. Da der Lautsprecher L von dem zweiten Mikrofon M2 weiter entfernt ist, besitzt das Signal x2 aufgrund der Schalllaufzeit zwischen dem Mikrofon M1 und dem Mikrofon M2 gegenüber dem Signal x1 eine Verzögerung bzw. einen Phasenunterschied. Eine Phasen- oder Verzögerungsanpassung der beiden Mikrofone ist also nicht möglich, wenn die Position des Lautsprechers unbekannt ist.

[0007] In FIG 2 ist die Signalverarbeitung eines Richtmikrofons vereinfacht skizziert. Die Ausgangssignale x1 und x2 der Mikrofone M1 und M2 erfahren zunächst eine direktionale Verarbeitung DV und anschließend eine Kompensation K, mit der der Amplitudenfrequenzgang der direktionalen Verarbeitung DV kompensiert wird. Somit ergibt sich speziell für die 0°-Richtung ein flacher Amplitudenfrequenzgang des Ausgangssignals Y des Richtmikrofons.

[0008] Falls die Mikrofone jedoch nicht aneinander angepasst sind, ergibt sich gemäß FIG 3 ein Phasenfehler PF bzw. ein Laufzeitunterschied ΔT zwischen den Ausgangssignalen x1 und x2 der beiden Mikrofone M1 und M2. Nach direktonaler Verarbeitung DV und fester Kompensation K ergibt sich somit ein Ausgangssignal Y' des Richtmikrofons. Die Kompensation K für nicht angepasste Mikrofone ist jedoch ungenügend, wenn der Laufzeitfehler ΔT eine Gesamtverzögerung hervorruft, die größer als die maximale, durch die Mikrofondistanz hervorgerufene, Verzögerung ist.

[0009] Aus diesem Grund wurden bislang vorselektierte Mikrofone verwendet, deren Phasenunterschied sehr gering bzw. null ist. War dies nicht möglich, so wurde eine Phasenanpassung durchgeführt, wobei die Position der Kalibrierquelle bekannt war.

[0010] Gemäß einem intern bekannten Verfahren wird eine Phasenanpassung zweier Mikrofone dadurch erreicht, dass die komplexen Übertragungsfunktionen aus einem Mikrofonmodell zur Ermittlung der Mikrofon- ausgangssignale berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist aus der Druckschrift US 6,272,229 bekannt, lineare Phasenunterschiede von nichtlinearen zu trennen und die nichtlinearen dem Mikrofon zuzuordnen.

[0011] Die genannten Verfahren sind jedoch entweder zu aufwändig oder erfordern die Kenntnis der Position der Schallquelle.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine wirksame Phasenanpassung auch ohne Kenntnis der Position der Schallquelle bei einem Richtmikrofon durchführen zu können.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgeräterichtmikrofons aneinander durch Messen oder Vorgeben eines ersten Pegels eines omnidirektionalen Signals des Richtmikrofons, Messen eines zweiten Pegels eines Richtsignals des Richtmikrofons und Anpassen des zweiten Pegels an den ersten Pegel durch Verändern der Laufzeit eines Ausgangssignals von einem der Mikrofone des Richtmikrofons ohne Berücksichtigung einer Positionsinformation

über eine Schallquelle.

[0014] Ferner ist gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen eine entsprechende Vorrichtung zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerätesrichtmikrofons aneinander mit einer Messeinrichtung zum Messen oder Vorgeben eines ersten Pegels eines omnidirektionalen Signals des Richtmikrofons und zum Messen eines zweiten Pegels eines Richtsignals des Richtmikrofons sowie einer Anpasseinrichtung zum Anpassen des zweiten Pegels an den ersten Pegel durch Verändern der Laufzeit eines Ausgangssignals von einem der Mikrofone des Richtmikrofons ohne Berücksichtigung einer Positionsinformation über eine Schallquelle.

[0015] Ebenso wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerätesrichtmikrofons aneinander durch Vorgeben eines maximalen Laufzeitunterschieds zwischen einem ersten Ausgangssignal eines ersten Mikrofon und einem zweiten Ausgangssignal eines zweiten Mikrofon des Richtmikrofons, Messen eines Ist-Laufzeitunterschieds der beiden Ausgangssignale und Verzögern eines der beiden Ausgangssignale, so dass der Ist-Laufzeitunterschied nicht größer als der maximale Laufzeitunterschied ist.

[0016] Dementsprechend ist auch vorgesehen eine Vorrichtung zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerätesrichtmikrofons aneinander mit einer Bereitstellungseinrichtung zum Bereitstellen eines maximalen Laufzeitunterschieds zwischen einem ersten Ausgangssignal eines ersten Mikrofon und einem zweiten Ausgangssignal eines zweiten Mikrofon des Richtmikrofons, einer Messeinrichtung zum Messen eines Ist-Laufzeitunterschieds der beiden Ausgangssignale und eine Verzögerungseinrichtung zum Verzögern eines der beiden Ausgangssignale, so dass der Ist-Laufzeitunterschied nicht größer als der maximale Laufzeitunterschied ist.

[0017] Vorzugsweise erfolgt das Anpassen der Mikrofonphasen durch Bestimmen der Differenz des ersten Pegels des omnidirektionalen Signals und des zweiten Pegels des Richtsignals und Minimieren dieser Differenz. Der Vorteil davon ist, dass die Pegeldifferenz leicht bestimmt werden kann, so dass sich eine Phasen Anpassung ohne weiteres durchführen lässt.

[0018] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird bei dem Anpassen festgestellt, ob der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt, und die Laufzeit des Ausgangssignals von dem einen der Mikrofone nur dann verändert, wenn der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt. Dabei wird die Kenntnis ausgenutzt, dass bei einer Fehlanpassung der Mikrofone eines Richtmikrofons der Ausgangspegel gegenüber einem omnidirektionalen Signal überhöht ist.

[0019] Vorteilhafterweise wird der maximale Laufzeitunterschied als die Schalllaufzeit von dem ersten zu dem zweiten Mikrofon vorgegeben. Damit kann der individuellen Positionierung der Mikrofone im Hörgerät

exakt Rechnung getragen werden.

[0020] Der Wert des maximalen Laufzeitunterschieds kann in einem speziellen Speicher bereitgestellt werden. Dieser Speicher kann ferner beliebig beschreibbar sein, so dass die Schaltung zur Phasen Anpassung für beliebige Mikrofonabstände verwendbar ist.

[0021] Besonders bevorzugt ist, wenn das erfindungsgemäße Verfahren mehrfach wiederholt wird. Damit kann in mehreren Schritten eine optimale Phasen Anpassung erfolgen, ohne die Position der jeweiligen Schallquelle zu kennen.

[0022] Die vorliegende Erfindung ist anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 eine Prinzipskizze zur Erzeugung von Mikrofonsignalen;

FIG 2 ein Schaltungsdiagramm eines Richtmikrofons;

FIG 3 ein Schaltungsdiagramm eines Richtmikrofons mit Mikrofonen, die einen Phasenunterschied aufweisen.

FIG 4 Richtdiagramme eines Richtmikrofons, dessen Mikrofone einen Phasenunterschied aufweisen;

FIG 5 eine Richtcharakteristik in Abhängigkeit des Phasenunterschieds der Mikrofonsignale;

FIG 6 ein Schaltbild einer Anpassschaltung gemäß einer ersten Ausführungsform; und

FIG 7 ein Schaltbild einer Anpassschaltung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0023] Die nachfolgend näher beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0024] Zum besseren Verständnis der Erfindung sei zunächst anhand der Figuren 4 und 5 die Richtcharakteristik von differentiellen Richtmikrofonen erläutert. In FIG 4 sind mehrere Richtdiagramme dargestellt, die sich bei unterschiedlichen Laufzeitverzögerungen von Mikrofonen des Richtmikrofons ergeben. Links oben in FIG 4 ist ein Richtdiagramm dargestellt, das sich bei einem Laufzeitunterschied bzw. einer Phasenverzögerung der Mikrofonsignale untereinander von $0,3 T_0$ messen lässt, wobei T_0 der Laufzeit des Schalls von einem Mikrofon zum anderen entspricht. Die 0dB-Linie in dem Polardiagramm entspricht dem omnidirektionalen Signal. Ein ideales Richtdiagramm eines differentiellen Richtmikrofons hätte die Form einer 8. Aufgrund der laufzeitbedingten Phasendifferenz der beiden Mikrofone ist die 8-Form etwas deformiert. Bei etwa 45° und 315° schneidet die Richtkurve die 0dB-Linie. In dem Bereich zwischen 315° und 45° , der durch einen Doppel-

pfeil angedeutet ist, liegt der Pegel des Richtmikrofons oberhalb der 0dB-Linie, d.h. oberhalb des Pegels des omnidirektionalen Mikrofons.

[0025] Beträgt die Phasenlaufzeit zwischen den Mikrofonsignalen $0,8 T_0$, so ist das Richtdiagramm des Richtmikrophons weiter deformiert, wie dies im rechten oberen Bild von FIG 4 dargestellt ist. Der Bereich, in dem das Richtsignal höher als das omnidirektionale Signal ist, liegt in diesem Fall zwischen etwa 285° und 75° . Bei einer Phasenverzögerung bzw. einem Laufzeitunterschied von $1,5 T_0$ liegt dieser Bereich zwischen etwa 240° und 120° , wie dies im linken unteren Bild von FIG 4 wiedergegeben ist. Bei einem Laufzeitunterschied von $2,3 T_0$ liegt das Richtsignal stets über dem omnidirektionalen Signal, was in dem rechten unteren Richtdiagramm von FIG 4 durch einen umlaufenden Kreis angedeutet ist.

[0026] In dem Diagramm von FIG 5 sind die minimalen und maximalen Richtsignale $S_{\min}$ und $S_{\max}$ in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung dargestellt. Darüber hinaus ist auf der 0dB-Linie das Signal eines omnidirektionalen Mikrofons S_{omni} eingezeichnet.

[0027] Bei einem idealen Richtmikrofon, bei dem zwischen den Mikrofonen kein Laufzeitunterschied besteht, d.h. bei dem die Phasenverzögerung 0 beträgt, liegt das maximale Signal bei 0dB und entspricht somit dem omnidirektionalen Signal. Das minimale Signal ist sehr gering und liegt unterhalb von -30 dB. Je höher die Laufzeitdifferenz zwischen beiden Mikrofonen ist, d.h. je höher der Phasenunterschied gemessen in samples ist, desto höher ist das minimale Richtsignal $S_{\min}$ und das maximale Richtsignal $S_{\max}$. Es ist auch zu erkennen, dass oberhalb einer Phasenverzögerung von etwa zwei samples die Richtsignale $S_{\min}$ und $S_{\max}$ oberhalb der 0dB-Linie liegen, wie dies bereits für die konkrete Phasenverzögerung von $2,3 T_0$ in dem unteren rechten Richtdiagramm von FIG 4 erläutert wurde.

[0028] Weicht nun das Richtsignal $S_{\max}$ von dem omnidirektionalen Signal S_{omni} in seinem Pegel ab, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Mikrofon Ausgangssignale einen Phasenunterschied aufweisen. Diese Tatsache lässt sich für eine Phasen Anpassung der beiden Mikrofonsignale ausnutzen.

[0029] Gemäss einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird daher überprüft, ob der Pegel des Ausgangssignals des differenziellen Richtmikrofons über dem des omnidirektionalen Signals liegt. Ist dies der Fall, so wird durch adaptiven, frequenzselektiven Laufzeitausgleich in einzelnen Frequenzbändern diese Pegeldifferenz minimiert und damit eine Phasen Anpassung bzw. ein Phasenmatching der Mikrofone erreicht. Eine ideale Anpassung ist möglich, wenn die Signalwellen irgendwann während der Adaption in 0° -Richtung zum Richtmikrofon liegen. In dieser Situation ist nämlich die Überhöhung des Ausgangssignals des differenziellen Richtmikrofons gegenüber dem omnidirektionalen Signals am größten, da das Richtsignal dann dem Signal $S_{\max}$ von FIG 5 entspricht (vgl. auch

Richtdiagramme von FIG 4 oben).

[0030] Ein prinzipielles Schaltungsdiagramm für dieses Verfahren ist in FIG 6 dargestellt. Die Mikrofon Ausgangssignale x_1 und x_2 der Mikrofone M1 und M2 werden entsprechend dem Prinzip von FIG 2 zunächst einer Richtionalen Verarbeitung DV unterzogen. Dabei wird das Ausgangssignal X_2 durch die Verzögerungseinheit D zur Phasen Anpassung um die Laufzeit ΔT verzögert. Die Richtionalen Verarbeitung DV erfolgt im gewählten Beispiel entsprechend der Formel

$$y_1(t) = x_1(t) - x_2(t - T_0) + a[x_1(t - T_0) - x_2(t)].$$

[0031] Dabei bedeutet T_0 die Schalllaufzeit zwischen den beiden Mikrofonen und a ein adaptiver Steuerparameter.

[0032] Das Ausgangssignal $y_1(t)$ der Richtionalen Verarbeitung DV wird in dem Kompensator K entsprechend der Formel

$$y_2(t) = y_1(t) + y_2(t - 2 \cdot T_0)$$

kompensiert, um einen ebenen Frequenzgang zu erzielen. Von dem Ausgangssignal $y_2(t)$ wird nun in einer Pegelschätzeinheit PS der Pegel geschätzt.

[0033] Parallel hierzu werden die Signale der Mikrofone einer omnidirektionalen Verarbeitung ODV entsprechend der Formel

$$y_1'(t) = x_1(t) - x_1(t - T_0) + [x_2(t) - x_2(t - T_0)]$$

unterzogen. Das Ausgangssignal $y_1'(t)$ der omnidirektionalen Verarbeitung ODV wird wiederum in einem Kompensator K entsprechend der Formel

$$y_2'(t) = y_1'(t) + y_2(t - 2 \cdot T_0)$$

kompensiert. Das resultierende Signal $y_2'(t)$ wird anschließend ebenfalls in seinem Pegel durch eine Pegelschätzeinheit PSO geschätzt.

[0034] Die beiden geschätzten Pegel werden in einer Vergleichseinheit V miteinander verglichen. Falls der Pegel des Richtionalen Signals größer als der des omnidirektionalen Signals ist, wird ein enable-Signal erzeugt, mit dem eine Phasen Anpassung in einer Anpassereinheit A aktiviert wird. Ein weiteres Eingangssignal der Anpassereinheit A ist die Pegeldifferenz zwischen den beiden geschätzten Pegeln, die mit Hilfe eines Subtrahierers ermittelt wird. In der Anpassereinheit A wird daraus eine geeignete neue Laufzeitdifferenz ΔT festgelegt und an die Verzögerungseinheit D übermittelt.

[0035] In einer Anpassephase, in der Regel zu Beginn der Nutzung eines Hörgeräts oder bei Neueinstellung des Hörgeräts, wird der Anpassregelkreis von FIG 6

mehrmals durchlaufen. Auf diese Weise kann der Phasenunterschied zwischen beiden Mikrofonsignalen Schritt für Schritt auf null reduziert werden. Dieses Verfahren besitzt jedoch den Nachteil, dass bei Mikrofonrauschen, das sich den einfallenden Signalen überlagert, Pegelveränderungen der berechneten Signale auftreten können, die das erreichbare Phasenmatching verschlechtern können.

[0036] Aus diesem Grund sei ein zweites Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Phasenanpassung bereitgestellt. Diesem zweiten Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, dass für den Fall, dass der Pegel des differenziellen Richtmikrofons über dem Pegel des omnidirektionalen Signals liegt, die Mikrofone in einzelnen Frequenzbändern einen Laufzeitunterschied aufweisen, der größer als die physikalisch mögliche Schalllaufzeit zwischen den Mikrofonen ist, die durch den Mikrofonabstand bestimmt ist. Man kann daher die Mikrofonanpassung auch dadurch erreichen, dass man adaptiv die messbare Verzögerung der beiden Mikrofonsignale in einzelnen Frequenzbändern auf diesen physikalisch möglichen Wert begrenzt. Spätestens, wenn ein Signal aus der 0°-Richtung einfällt, kann man so ein ideales Matching erreichen.

[0037] Für dieses zweite Verfahren ist in FIG 7 ein Prinzipschaltbild wiedergegeben. In einer Schätzeinheit SE wird zunächst der Laufzeitunterschied T1 zwischen dem Ausgangssignal x1 des Mikrofons M1 und dem Ausgangssignal x2 des Mikrofons M2 geschätzt. In einer Vergleichseinheit V wird die geschätzte Laufzeit T1 mit einer maximal möglichen Laufzeit T0, die in einem Speicher SP1 abgelegt ist, verglichen. Diese maximal mögliche Laufzeit T0 entspricht wiederum der Schalllaufzeit zwischen den beiden Mikrofonen. Gleichzeitig wird in einem Subtrahierer S die Differenz zwischen der geschätzten Laufzeit T1 und der maximal möglichen Laufzeit T0 unter Bildung einer Differenzlaufzeit T2 ermittelt. Falls die geschätzte Laufzeit T1 größer als die maximal mögliche Laufzeit T0 ist, gibt die Vergleichseinheit V ein enable-Signal an einen Speicher SP2 aus, der die Differenzlaufzeit T2 speichert, die er von dem Subtrahierer S erhält. Die in dem Speicher SP2 gespeicherte Laufzeit T2 wird in dem Verzögerungsglied D dazu benutzt, um das Ausgangssignal x1 zu verzögern. Somit können verzögerungskompensierte Ausgangssignale $x1(t-T2)$ und $x2(t)$ zur Verfügung gestellt werden.

[0038] In der Anpassphase wird immer wieder überprüft, ob die Istlaufzeit T1 größer als die maximale Laufzeit T0 ist. Eine optimale Anpassung wird dann erzielt, wenn zu einem beliebigen Zeitpunkt der Schall aus der 0°-Richtung eintrifft. Die im Anschluss daran festgestellten Laufzeiten sind nicht mehr größer als die maximal mögliche Laufzeit T0, so dass die Anpassung beendet werden kann.

[0039] Die Erfindung ermöglicht es somit, adaptiv, ohne Kenntnis der Position der Quelle(n), die Phase der Mikrophone, insbesondere in Form von einstellbaren

Verzögerungen in ausreichend schmalen Frequenzbändern auszugleichen. Damit ist es möglich, "ideale" notches in der Richtcharakteristik an bestimmten Einfallrichtungen zu platzieren und gleichzeitig sicherzustellen, dass Signale aus der gewünschten Einfallrichtung (z.B. 0°-Richtung) nicht gedämpft oder verzerrt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass einmal in einem für die Adaption genügend langen Zeitraum ein dominierendes Signal aus der 0°-Richtung vorliegt. Der Zeitpunkt, zu dem dies der Fall ist, muss dem Verfahren nicht bekannt sein. Die Adaption ist aber erst nach Vorliegen dieses Signals abgeschlossen.

[0040] Für diesen Aufbau müssen daher nicht vorselektierte Mikrofone eingesetzt werden, woraus sich ein wirtschaftlicher Vorteil ergibt. Ein besonderer Vorteil besteht auch darin, dass Phasendifferenzen, die durch Effekte am Kopf eines Hörgeräteträgers entstehen und die Richtwirkung auch bei ideal abgeglichenen Mikrofontriplets massiv beschränken können (vor allem bei differenziellen Richtmikrofonen zweiter Ordnung, bei denen drei Mikrofone eingesetzt sind), ebenfalls mit den vorgestellten Verfahren ausgeglichen werden können. Damit sind zusätzlich bessere Richtwirkungen bei Verwendung der Richtmikrofone am Kopf zu erwarten.

Patentansprüche

- Verfahren zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgeräteträger-Richtmikrofons aneinander **gekennzeichnet durch**
 - Messen oder Vorgeben (PSO) eines ersten Pegels eines omnidirektionalen Signals ($y1'(t)$) des Richtmikrofons,
 - Messen (PS) eines zweiten Pegels eines Richtsignals ($y1(t)$) des Richtmikrofons und
 - Anpassen (A) des zweiten Pegels an den ersten Pegel **durch** Verändern der Laufzeit eines Ausgangssignals ($x2$) von einem der Mikrofone (M2) des Richtmikrofons ohne Berücksichtigung einer Positionsinformation über eine Schallquelle.
- Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anpassen (A) durch Bestimmen der Differenz (S) des ersten und des zweiten Pegels und Minimieren dieser Differenz erfolgt.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei bei dem Anpassen (A) festgestellt wird, ob der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt, und die Laufzeit des Ausgangssignals von dem einen der Mikrofone (M1, M2) nur dann verändert wird, wenn der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt.
- Vorrichtung zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgeräteträger-Richtmikrofons aneinander

gekennzeichnet durch

- eine Messeinrichtung (PS, PSO) zum Messen oder Vorgeben eines ersten Pegels eines omnidirektionalen Signals ($y_1'(t)$) des Richtmikrofons und zum Messen eines zweiten Pegels eines Richtsignals ($y_1(t)$) des Richtmikrofons sowie
 - eine Anpasseinrichtung (A) zum Anpassen des zweiten Pegels an den ersten Pegel **durch** Verändern der Laufzeit eines Ausgangssignals (x_2) von einem der Mikrofone (M2) des Richtmikrofons ohne Berücksichtigung einer Positionsinformation über eine Schallquelle.
- 5 10
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei mit der Anpasseinrichtung (A,S,V) eine Differenz des ersten und des zweiten Pegels bestimmbar und diese Differenz minimierbar ist.
- 15
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei mit der Anpasseinrichtung (A,S,V) feststellbar ist, ob der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt und die Laufzeit des Ausgangssignals (x_2) von dem einen der Mikrofone (M2) nur dann verändert wird, wenn der zweite Pegel über dem ersten Pegel liegt.
- 20 25
7. Verfahren zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerät Richtmikrofons aneinander **gekennzeichnet durch**
- 30
- Vorgeben eines maximalen Laufzeitunterschieds (T_0) zwischen einem ersten Ausgangssignal (x_1) eines ersten Mikrofons (M1) und einem zweiten Ausgangssignal (x_2) eines zweiten Mikrofons (M2) des Richtmikrofons,
 - Messen eines Ist-Laufzeitunterschieds (T_1) der beiden Ausgangssignale (x_1, x_2) und
 - Verzögern (D) eines der beiden Ausgangssignale (x_1), so dass der Ist-Laufzeitunterschied (T_1) nicht größer als der maximale Laufzeitunterschied (T_0) ist.
- 35 40
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der maximale Laufzeitunterschied (T_0) der Schalllaufzeit von dem ersten (M1) zu dem zweiten Mikrofon (M2) entspricht.
- 45
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei ein Wert des maximalen Laufzeitunterschieds (T_0) in einem Speicher (SP1) bereitgestellt wird.
- 50
10. Vorrichtung zum Anpassen der Phasen von Mikrofonen eines Hörgerät Richtmikrofons aneinander **gekennzeichnet durch**
- 55
- eine Bereitstellungseinrichtung (SP1) zum Bereitstellen eines maximalen Laufzeitunter-
- schieds (T_0) zwischen einem ersten Ausgangssignal (x_1) eines ersten Mikrofons (M1) und einem zweiten Ausgangssignal (x_2) eines zweiten Mikrofons (M2) des Richtmikrofons,
- eine Messeinrichtung (SE) zum Messen oder Schätzen eines Ist-Laufzeitunterschieds (T_1) der beiden Ausgangssignale (x_1, x_2) und
 - eine Verzögerungseinrichtung (D) zum Verzögern eines der beiden Ausgangssignale (x_1), so dass der Ist-Laufzeitunterschied (T_1) nicht größer als der maximale Laufzeitunterschied (T_0) ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei der maximale Laufzeitunterschied (T_0) der Schalllaufzeit von dem ersten (M1) zu dem zweiten Mikrofon (M2) entspricht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Bereitstellungseinrichtung (SP1) einen Speicher umfasst.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3 und 7 - 9, das mehrfach wiederholt wird.

FIG 1

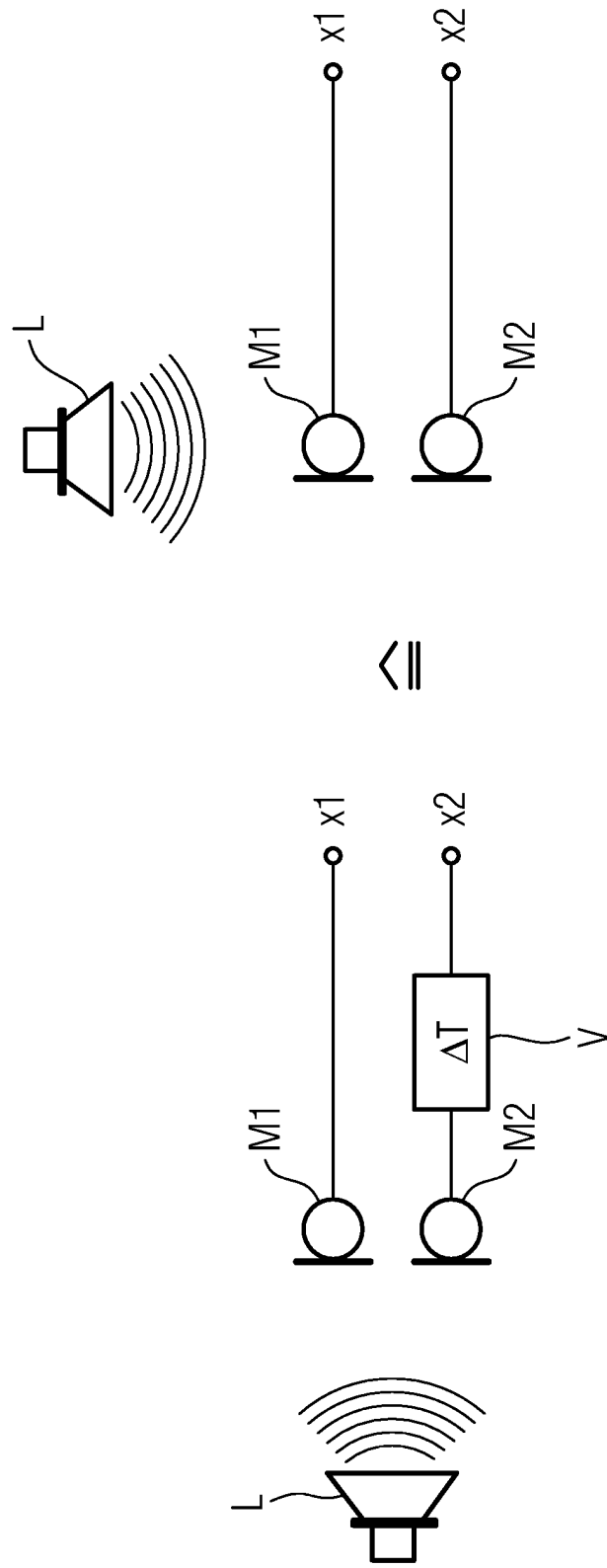


FIG 2

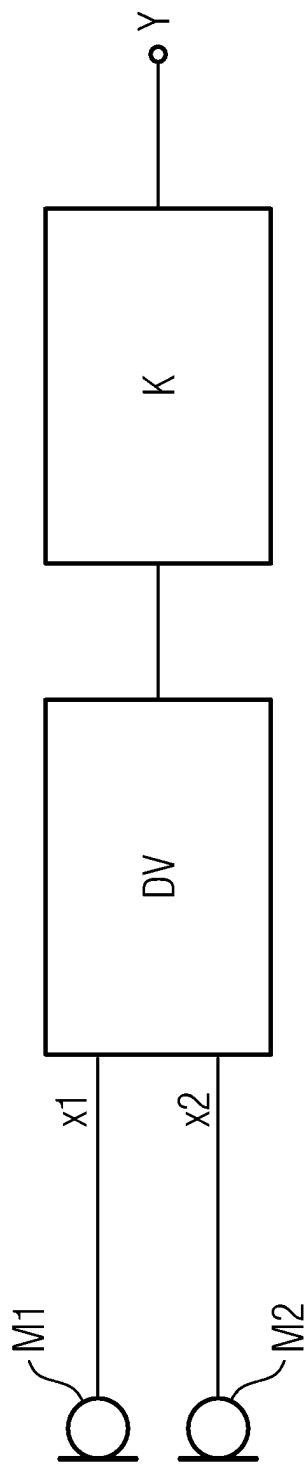


FIG 3

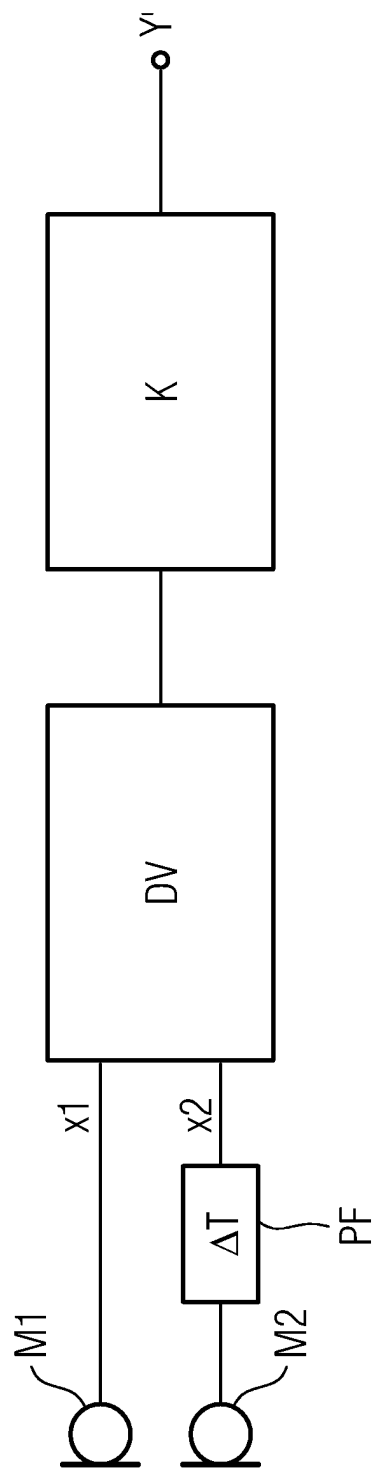


FIG 4

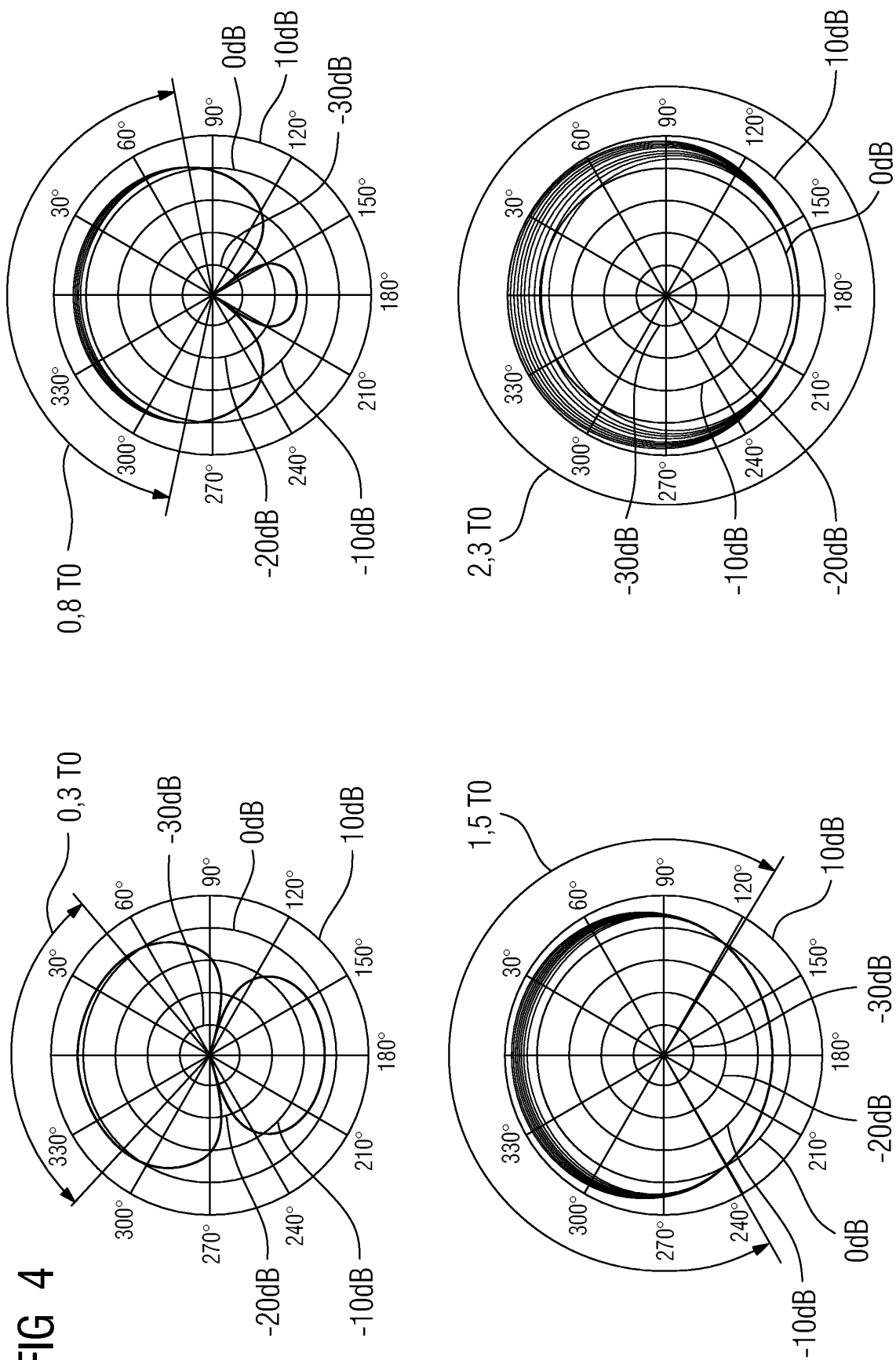


FIG 5

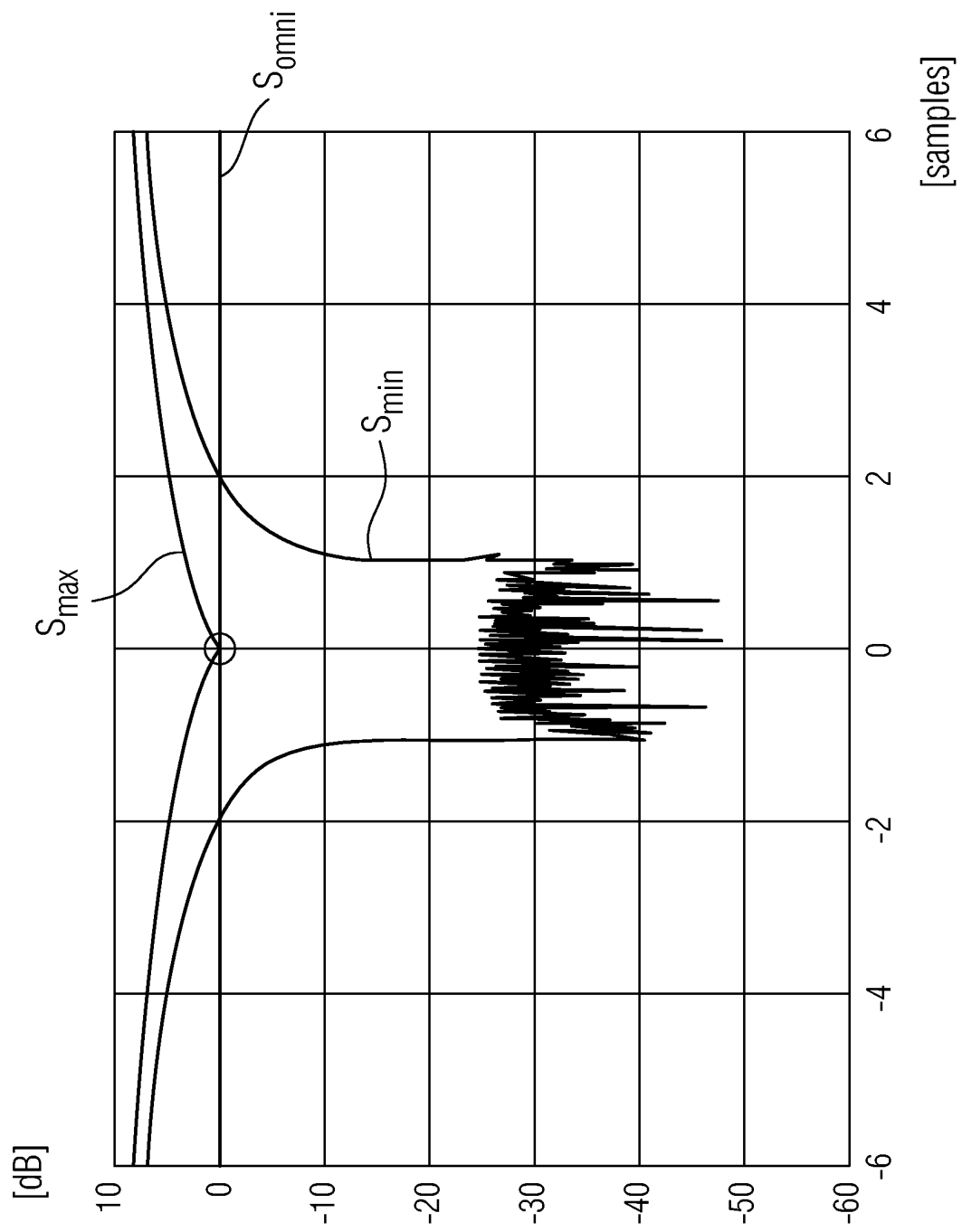


FIG 6

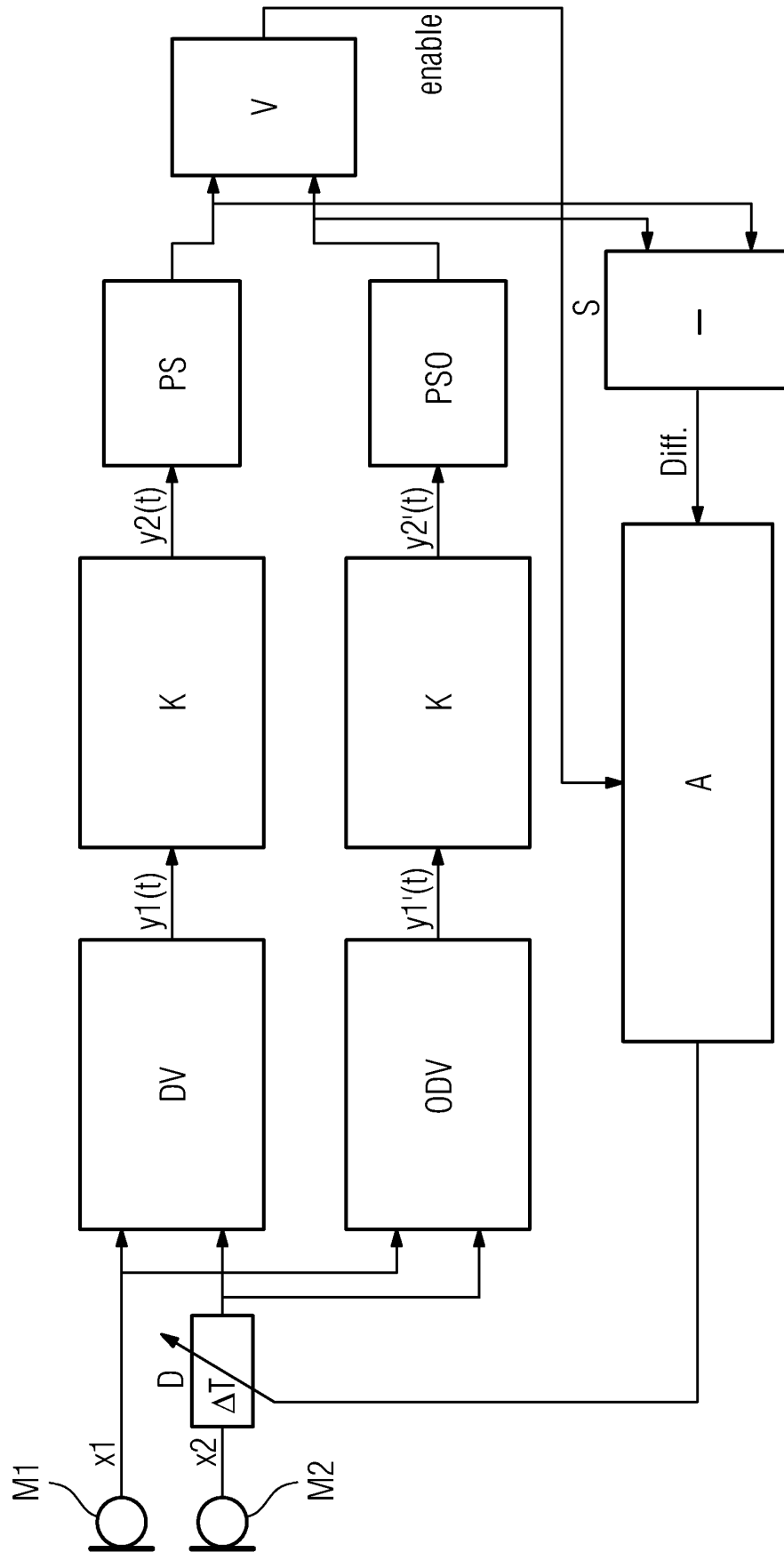


FIG 7

