

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 476 082 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.12.1996 Patentblatt 1996/50

(51) Int Cl.⁶: **H04R 1/22**, H04R 3/00,
H04R 1/28

(21) Anmeldenummer: **91905477.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/CH91/00060

(22) Anmeldetag: **15.03.1991**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 91/15933 (17.10.1991 Gazette 1991/24)

(54) VORRICHTUNG ZUR VERBESSERUNG DER BASSWIEDERGABE BEI LAUTSPRECHERSYSTEMEN MIT GESCHLOSSENEN GEHÄUSEN

DEVICE FOR IMPROVING BASS REPRODUCTION IN LOUDSPEAKER SYSTEMS WITH CLOSED
HOUSINGS

DISPOSITIF POUR AMELIORER LA REPRODUCTION DES GRAVES DANS DES SYSTEMES DE
HAUT-PARLEURS A ENCEINTES FERMEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT NL

(73) Patentinhaber: **HOBELSBERGER, Max**
CH-5303 Würenlingen (CH)

(30) Priorität: **09.04.1990 CH 1187/90**
07.01.1991 CH 19/91

(72) Erfinder: **HOBELSBERGER, Max**
CH-5303 Würenlingen (CH)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.03.1992 Patentblatt 1992/13

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 637 414 **FR-A- 2 405 608**
GB-A- 2 122 051 **US-A- 3 867 996**
US-A- 4 008 374

EP 0 476 082 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und einen Apparat zur Unterstützung zur Wiedergabe niederfrequenter akustischer Töne, das mit einem geschlossenen Gehäuse kleinen Volumens arbeitet.

Bei herkömmlichen Lautsprechersystemen mit akustisch geschlossenen Lautsprechergehäusen stellt sich das Problem, daß ein kleines Gehäusevolumen die Tieftonwiedergabe stark beeinträchtigt. Bei zu kleinem Gehäusevolumen beeinträchtigen Gasdruckkräfte, d.h. Kompressionskräfte, die Bewegungen der schallabstrahlenden Lautsprechermembran. Diese Druckkräfte werden dadurch hervorgerufen, daß die abstrahlende Lautsprechermembran durch ihre Auslenkung das Volumen der im Gehäuse eingeschlossenen Gase verändert, die Gase komprimiert bzw. dekomprimiert. Diese Druckkräfte wirken als Federkräfte auf die Lautsprechermembran ein und erhöhen die Resonanzfrequenz und zusätzlich die Güte des Gesamtsystems.

Um eine gute Tieftonwiedergabe zu ermöglichen, werden daher entweder unhandlich große Gehäuse verwendet, oder es werden die Lautsprecher treibenden Signale einer Frequenzgangkorrektur unterzogen, oder es werden die abstrahlenden Lautsprechermembranen direkt in korrigierende Regelkreise eingebunden. Die beiden letzteren Maßnahmen verursachen selbst wiederum akustische Verfälschungen, insbesondere das Impulsverhalten wird durch die notwendigen Frequenzweichen beeinträchtigt.

Weiters sind Verfahren bekannt (Tiefenbrun; US-Pat. 4008374), die durch Einwirkung der Membran eines innerhalb des Gehäuses angeordnete Lautsprechers, der elektrisch parallel zum Außenlautsprecher geschaltet ist, eine wirkungsmäßige Volumsvergrößerung des Gehäuses bezwecken. Bei diesem Verfahren wird jedoch das Problem auf den innenliegenden Lautsprecher verlagert. Um befriedigende Ergebnisse zu erzielen, sind wiederum große Volumina erforderlich. Außerdem entstehen Verzerrungen durch Phasenunterschiede in den Bewegungen der beiden Membranen.

Diesen nachteiligen Eigenschaften soll das System von GOODMAN (UK Anmeldung GB 2 122 051 A) abhelfen: In diesem System mißt ein innerhalb des Gehäuses angeordneter Drucksensor die Druckschwankungen und treibt über einen Verstärker den inneren Lautsprecher. Der innere Lautsprecher ist somit elektrisch nicht mit dem äußeren Lautsprecher gekoppelt. Die Patentschrift von GOODMAN offenbart jedoch nicht die genaue Funktionsweise des Systems. Es bleibt z.B. unklar, wie der Druck konstant gehalten werden soll. Die Anordnung weist eine starke Schwingneigung auf, und die dynamischen Eigenschaften des inneren Wandlers beeinflussen stark das Gesamtverhalten des Systems.

Die vorliegende Erfindung baut auf Tiefenbruns Idee eines inneren Wandlers und GOODMANs Verwendung eines inneren Drucksensors auf.

Die Erfindung gemäß den Ansprüchen ermöglicht

eine weitgehend unbehinderte Tieftonabstrahlung bei Verwendung kleiner Lautsprechergehäuse und großflächiger Lautsprecher in Tiefton-Lautsprechersystemen, wobei eine Beeinflussung der die Lautsprecher treibenden Signale nicht vorgenommen werden muß. Die genannten nachteiligen Eigenschaften von Tiefenbruns und GOODMANs Systemen werden vermieden.

Die gestellte Aufgabe wird durch die Vorrichtungen, bzw. Apparate die in den Ansprüchen 1 bis 4 definiert werden, gelöst.

Die Vorrichtungen zeichnen sich dadurch aus, daß die von den Auslenkungen der abstrahlenden Lautsprechermembran durch Volumsänderungen des Innenvolumens verursachten Druckdifferenzen zwischen dem Gasdruck im Gehäuseinneren und dem zeitlich gemittelten Gasdruck im Außenraum des Gehäuses durch die Wirkung einer Druckregelung stark verringert werden.

Druckunterschiede zwischen dem Innenraum und dem Außenraum werden mittels eines Gasdrucksensors erfaßt und durch die Wirkung einer Regelung vermindert. Diese Verminderung der Druckdifferenzen erfolgt durch die Bewegungen einer an das Innenvolumen angrenzenden Membran eines innerhalb des Gehäuses angeordneten elektrodynamischen Wandlers, der als Glied eines Regelkreises arbeitet. Der zu dem Regelkreis gehörende Regler verarbeitet das Signal, das die Druckunterschiede beschreibt. Mittels des nachgeschalteten Leistungsverstärkers regt der Regler die Membran des innenliegenden elektrodynamischen Wandlers zu Bewegungen an, die die auftretenden Druckunterschiede stark verringern.

Bild 1 zeigt eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 der Erfindung. Der Außenlautsprecher LA wird direkt durch das Eingangssignal $e(t)$ angetrieben. Der elektrodynamische Wandler TR ist in eine Regelschleife eingebunden, die aus dem Drucksensor P, dem Subtrahierglied S, dem Regler R, dem Leistungsverstärker A und eben aus dem elektrodynamischen Wandler TR besteht. Dem Subtrahierglied wird als Sollwert die zeitlich gemittelte Größe des Gasdruckes, der außerhalb des Gehäuses G herrscht, zugeführt. Die Zeitdauer der Mittelwertbildung ist dabei groß gegenüber den längsten Signalperioden, z.B. 100 Sekunden. Am invertierenden Eingang des Subtrahiergliedes wird das dem Gasdruck in V1 proportionale Ausgangssignal des Sensors P angelegt. Der Regler ist so bemessen, daß die Regelabweichung, und somit die Druckdifferenz, möglichst klein gehalten wird.

Die Erfindung gemäß Anspruch 3 gewährleistet eine einfache und unproblematische Einsetzbarkeit des Verfahrens durch Einbau des Apparates in ein Lautsprechergehäuse mit Lautsprechersystem, das durch Anwendung einer Druckregelung die Auswirkungen eines endlich großen Innenvolumens auf die Wiedergabe tiefer Frequenzen stark abschwächt.

Insbesondere wird ein von den tatsächlichen Gehäuseabmessungen weitgehend unbeeinflusster Ein-

satz der Regelung ermöglicht. Dadurch wird die Fertigung eines einfach einzusetzenden Produktes, das auch von technisch weniger gebildeten Personen angewendet und gebraucht werden kann, ermöglicht.

Es soll der einfache Einsatz einer Regelung ermöglicht werden, die weitgehend unabhängig von den Gehäuseabmessungen in erwünschter Art und Weise arbeitet (Ausregelung von Druckunterschieden, kein Schwingen durch Totzeiten bzw. Laufzeiten im Innenvolumen, keine Verzerrungen durch Einschwingvorgänge etc.), und die außerdem von akustischen, höherfrequenten Nutzsignalkomponenten nicht angeregt wird.

Die Vorrichtungen, die in den Ansprüchen 2 und 3 definiert sind, lösen obige Aufgaben.

Die Lösung wird einerseits dadurch erreicht, daß die Regelstrecke, also das Gasvolumen, auf das die Membran des innenliegenden elektrodynamischen Wandlers einwirkt, so gestaltet ist, daß sie beim Auftreten schneller Druckänderungen wirkungsmäßig konstante und geeignet festgelegte Eigenschaften aufweist. Außerdem muß sichergestellt werden, daß die Regelstrecke durch höherfrequente Komponenten des von dem abstrahlenden Lautsprecher erzeugten akustischen Signales nicht beeinflusst wird.

Beide Ziele werden gemäß Bild 2 erreicht, indem für die Regelstrecke ein angemessen kleines Teilvolumen V1b des Innenvolumens des Lautsprechergehäuses gewählt wird. Dieses kleine Teilvolumen wird mittels einer schallisierenden Wand T1 gegen das restliche Innenvolumen V1a abgegrenzt, das an die Membran des in den Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers LA angrenzt. Ein weiteres, drittes Innenvolumen V2 ist als annähernd gasdichte Kammer aufgebaut, die durch eine schallisierende Wand T und die Membran M des innenliegenden elektrodynamischen Wandlers TR von dem ersteren, kleinen Innenvolumen V1b getrennt ist.

Die schallisierende Wand T1 ist mit Durchbrüchen D versehen, über die das mittlere Teilvolumen V1b mit dem Volumen V1a verbunden ist. Die Durchbrüche sind derart gestaltet und so mit schalldämpfenden Faser- und Schaumstoffen ausgefüllt, daß eine Schall- und Druckübertragung von dem mittleren Teilvolumen V1b in das Volumen V1 und auch in umgekehrter Richtung zeitlich gemäß einer Übertragungsfunktion mit Tiefpaßcharakteristik erfolgt. In diesem kleinen, mittleren Teilvolumen V1b wird durch einen dort angeordneten Gasdrucksensor P der Gasdruck gemessen. In Zusammenwirkung mit einem elektronischen Regler R und einem elektrischen Leistungsverstärker A und durch Einwirkung der Membran M des elektrodynamischen Wandlers TR auf dieses Teilvolumen V1b werden die momentanen Druckdifferenzen zwischen dem Gasdruck in V1b und dem mittleren Außendruck verschwindend klein gehalten. Die dritte, gasdichte Kammer V2 verhindert dabei Einwirkungen der Rückseite der Membran M des Wandlers auf die übrigen Volumina V1a, V1b oder auf das Außenvolumen.

Da das Tiefpaßfilter langsame Druckänderungen fast

unbeeinflusst überträgt, werden langsame Druckänderungen auch im Innenvolumen V1a annähernd unterdrückt. Schnelle, durch den innenliegenden elektrodynamischen Wandler verursachte Druckänderungen wirken jedoch nur in dem genau definierten kleinen Teilvolumen V1b. Totzeiten und die damit verbundene Schwingneigung des Regelkreises können so einfach beherrscht werden. Zusätzlich werden etwaige Störungen, verursacht von Einschwingvorgängen des Regelkreises, von dem Außenlautsprecher ferngehalten. Eine weitere wichtige Funktion des Tiefpassfilters besteht darin, daß höherfrequente, vom abstrahlenden Außenlautsprecher LA erzeugte Schallanteile von dem Regelkreis ferngehalten werden (Vorfilterwirkung).

Der Apparat gemäß Anspruch 3 erfüllt die Aufgabe der leichten und problemlosen Anwendbarkeit der Druckregelung in Lautsprechergehäusen. Er stellt eine mechanische Einheit dar, die wie ein Lautsprecherchassis im Fachhandel gekauft werden kann und danach problemlos in ein beliebiges geschlossenes Gehäuse eingebaut werden kann. Der Regelkreis ist dabei schon optimal abgeglichen, ein weiteres Einstellen erübrigt sich.

Nach Anspruch 4 wird das dem Regler zugeführte Signal, das die Abweichung vom mittleren Außendruck beschreibt, mit einem weiteren Signal beaufschlagt. Dieser Summand ist aus dem Eingangssignal des Lautsprechers abgeleitet und diesem proportional. Das Vorzeichen wird so gewählt, daß der innere Wandler die Bewegung der Membran des Lautsprechers unterstützt.

Das dem Regler zugeführte Sollwertsignal, das die zeitlich gemittelte Größe des außerhalb des Lautsprechergehäuses herrschenden Gasdruckes beschreibt, wird mit einem Signal addiert, das dem Eingangssignal des in den Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers direkt proportional ist, wobei das Vorzeichen und die Größe des Proportionalitätsfaktors derart gewählt sind, daß der durch die Wirkung des Regelkreises sich einstellende Gasdruck in dem an die Membran des in den Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers (LA) angrenzenden Innenvolumen auf diese Membran eine Kraft ausübt, die parallel zu der von dem den Außenlautsprecher treibenden Eingangssignal erzeugten, auf die Membran dieses Lautsprechers einwirkenden Antriebskraft wirkt, und die die von der Membraneinspannung des Lautsprechers herrührenden Federkräfte in ihrer Wirkung annähernd aufhebt.

Beschreibung der Zeichnungen.

Die Bilder 1, 2 und 3 zeigen Vorrichtungen gemäß den Ansprüchen 1, 2, und 3.

Bild 1 Das Innenvolumen des Lautsprechergehäuses G ist durch eine gasdichte Trennwand T in 2 Volumina V1, V2 aufgeteilt. Den Außenlautsprecher LA treibt direkt das Eingangssignal $e(t)$. Der innenliegende elektrodynamische Wandler TR ist in eine Regelschleife eingebunden, die aus dem Drucksensor P, dem Subtrahier-

glied S, dem Regler R, dem Leistungsverstärker A und dem elektrodynamischen Wandler TR besteht. Dem Subtrahierglied wird als Sollwert die zeitlich gemittelte Größe des Gasdruckes, der außerhalb des Gehäuses herrscht, zugeführt. Am invertierenden Eingang des Subtrahiergliedes wird das dem Gasdruck in V1 proportionale Ausgangssignal des Sensors P angelegt.

Bild 2 Es werden im Schnittbild das Lautsprechergehäuse G, der äußere Lautsprecher LA, der innere elektrodynamische Wandler TR mit seiner Membran M, die zweite Trennwand T1 mit den Durchbrüchen D, die erste Trennwand T, das erste Volumen V1a, das mittlere Volumen V1b, das letzte Volumen V2, der Drucksensor P, das Subtrahierglied S, der Regler R und der Verstärker A gezeigt.

Bild 3 Es werden im Schnittbild das Gehäuse G mit den Durchbrüchen D, der umlaufende Befestigungsfalz F, die Trennwand T, die zweite Trennwand T1, der elektrodynamische Wandler TR mit seiner Membran M, das eine Volumen V1b, das andere Volumen V2, der Drucksensor P, das Subtrahierglied S, der Regler R und der Verstärker A gezeigt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Tieftonwiedergabe bei einem mit einem akustisch geschlossenen Lautsprechergehäuse (G) arbeitenden Lautsprechersystem, dessen Gehäusevolumen durch eine innenliegende Wand (T) in 2 Teilvolumina (V1, V2) geteilt ist, wobei ein Volumen (V1) an die Membran des in den das Gehäuse umgebenden Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers (LA) angrenzt, und bei dem ein elektrodynamischer Wandler (TR), dessen bewegliche Membran (M) mittels einer Schwingspule, in Reaktion mit einem Magnetfeld, angetrieben wird, so in die Innenwand (T) eingebaut ist, daß die beiden Innenvolumina (V1, V2) durch die Membran (M) des Wandlers (TR) voneinander getrennt werden und diese Membran (M) durch ihre Bewegung und Auslenkung auf beide Volumina (V1, V2) volumensändernd und druckändernd einwirkt, und wobei innerhalb des an die Membran des in den Außenraum abstrahlenden Lautsprechers (LA) angrenzenden Innenvolumens (V1) ein Gasdrucksensor (P) angeordnet ist, der eine elektrische Signalgröße erzeugt, die den Gasdruck in diesem Innenvolumen (V1) beschreibt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gasdrucksensor als Glied eines Regelkreises arbeitet, daß der innenliegende elektrodynamische Wandler (TR) als Glied dieses Regelkreises arbeitet, daß dieser Regelkreis weiters aus einem elektronischen Regler (R) und einem elektronischen Leistungsverstärker (A) besteht, daß das Ausgangssignal des Gasdrucksensors dem Regler (R) als ein den Istwert des Gasdruckes beschreibendes Signal zugeführt wird, daß dem Regler (R) als Sollwert ein den

zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Lautsprechergehäuses (G) herrschenden Gasdruckes beschreibendes Signal zugeführt wird, daß der Regler (R) den Leistungsverstärker ansteuert und dieser den innenliegenden elektrodynamischen Wandler (TR) treibt, und daß der Regler (R) und die übrigen Glieder des Kreises derartig dimensioniert sind, daß die Differenz zwischen dem Momentanwert des Gasdruckes in dem an die Membran des in den Außenraum abstrahlenden Lautsprechers angrenzenden Innenvolumen (V1) und dem zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Lautsprechergehäuses herrschenden Gasdruckes durch die Wirkung dieses Regelkreises betragsmäßig immer verschwindend klein gehalten wird in Vergleich zu der Druckdifferenz, die im unregelmäßigen Betriebszustand auftreten würde, und somit der Momentanwert des Innendruckes dem Mittelwert des Außendruckes immer quasi gleicht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Innenraum des akustisch geschlossenen Gehäuses (G) durch zwei akustisch trennende Wände (T, T1) in drei Teilvolumina (V1a, V1b, V2) aufgeteilt ist, wobei das erste Volumen (V1a) durch die Membran des in den Außenraum abstrahlenden Lautsprechers (LA), durch einen Teil der Außenwand des Gehäuses (G) und durch die zweite der inneren Trennwände (T1) begrenzt wird, das mittlere Volumen (V1b) durch einen Teil der Außenwand des Gehäuses (G), durch die erste (T) und die zweite (T1) innere Trennwand gebildet wird und das letzte Volumen durch die erste Trennwand (T) und durch einen Teil der Außenwand des Gehäuses (G) gebildet wird, daß die zweite Trennwand (T1) mit Durchbrüchen (D) derart versehen ist, daß die beiden an diese Trennwand (T1) angrenzenden Volumina (V1a, V1b), nämlich das erste und das mittlere Volumen, akustisch verbunden sind, daß diese Durchbrüche so gestaltet sind und mit einem den Strömungswiderstand der Durchbrüche erhöhenden Faser- oder Schaumstoff derart gefüllt sind, oder daß die gesamte Wand aus diesen Stoffen derart aufgebaut ist, daß für die Schallübertragung und die Druckübertragung von dem ersten (V1a) in das mittlere (V1b) Volumen und umgekehrt eine Übertragungsfunktion mit Tiefpaßcharakteristik gilt, daß in einem Durchbruch der ersten Trennwand (T) ein elektrodynamisch arbeitender Wandler (TR) derart angeordnet ist, daß seine Membran (M) die beiden an diese Trennwand (T) angrenzenden Teilvolumina (V1b, V2), nämlich das mittlere und das letzte Volumen, voneinander trennt, daß innerhalb des mittleren Volumens ein Gasdrucksensor (P) angeordnet ist, daß der Gasdrucksensor eine elektrische Signalgröße erzeugt, die den Gasdruck in diesem mittleren Volumen beschreibt, daß der Gasdrucksensor als Glied eines Regelkreises

arbeitet daß der in die erste Trennwand (T) eingebaute innenliegende elektrodynamische Wandler (TR) als Glied dieses Regelkreises arbeitet, daß dieser Regelkreis weiters aus einem Regler (R) und einem elektrischen Leistungsverstärker (A) besteht, daß das Ausgangssignal des Gasdrucksensors dem Regler als Istwert zugeführt wird, daß dem Regler als Sollwert ein den zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Lautsprechergehäuses herrschenden Gasdruckes beschreibendes Signal zugeführt wird, daß der Regler den Leistungsverstärker ansteuert und dieser den innenliegenden elektrodynamischen Wandler (TR) treibt, und daß der Regler und die übrigen Glieder des Kreises derartig dimensioniert sind, daß die Differenz zwischen dem Momentanwert des Gasdruckes in dem mittleren Volumen (V1b) und dem zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Lautsprechergehäuses herrschenden Gasdruckes durch die Wirkung dieses Regelkreises betragsmäßig immer verschwindend klein gehalten wird in Vergleich zu der Druckdifferenz, die im ungeregelten Betriebszustand auftreten würde, und somit der Momentanwert des Innendruckes dem Mittelwert des Außendruckes immer quasi gleicht.

3. Apparat zum Einbau in ein ein Lautsprechersystem aufweisendes Lautsprechergehäuse zur Unterstützung der Tieftonwiedergabe bei dem mit einem akustisch geschlossenen Lautsprechergehäuse arbeitenden Lautsprechersystem, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser Apparat ein zylinderförmiges, schallisolierendes und annähernd gasdichtes Gehäuse (G) aufweist, daß das Innenvolumen des Gehäuses durch eine innenliegende, parallel zu den Zylinderdeckflächen verlaufende, schallisolierende und annähernd gasdichte Trennwand (T) in zwei Teilvolumina (V1b, V2) aufgeteilt ist, daß in einem Durchbruch dieser Trennwand ein elektrodynamischer Wandler (TR) derart angeordnet ist, daß seine Membran (M) die zwei an die Trennwand angrenzenden Teilvolumina (V1b, V2) voneinander trennt, daß innerhalb des ersteren Volumens (V1b) ein Gasdrucksensor (P) angeordnet ist, daß dieser Sensor als Teil eines Regelkreises wirkt, daß dieser Regelkreis aus dem Sensor, einem elektrisch arbeitenden Regler (R), einem elektrisch arbeitenden Leistungsverstärker (A) und dem in die Trennwand eingefügten elektrodynamischen Wandler (TR) besteht, daß das elektrische Ausgangssignal des Gasdrucksensors dem Regler als Istwert zugeführt wird, daß dem Regler als Sollwert ein den zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Gehäuses (G) herrschenden Gasdruckes beschreibendes Signal zugeführt wird, daß der Regler den Leistungsverstärker ansteuert und dieser den elektrodynamischen Wandler (TR) treibt, daß der Regler und die übrigen Glieder des Kreises derartig dimensioniert sind,

daß die Differenz zwischen dem Momentanwert des Gasdruckes in dem ersteren Volumen (V1b) und dem zeitlichen Mittelwert des außerhalb des Gehäuses (G) herrschenden Gasdruckes durch die Wirkung dieses Regelkreises betragsmäßig immer verschwindend klein gehalten wird in Vergleich zu der Druckdifferenz, die im ungeregelten Betriebszustand auftreten würde, und somit der Momentanwert des Innendruckes dem Mittelwert des Außendruckes immer quasi gleicht, daß dieses erstere Volumen über Öffnungen (D) in der dieses Volumen begrenzenden Zylinderdeckfläche mit dem im Bereich der Öffnungen an das Gehäuse angrenzenden Außenraum verbunden ist, daß diese Durchbrüche so gestaltet sind und mit einem akustisch dämmenden Faser- oder Schaumstoff derart gefüllt sind, daß eine Schallübertragung und Druckübertragung von dem Außenraum in das erstere Volumen und umgekehrt gemäß einer Übertragungsfunktion mit Tiefpaßcharakteristik erfolgt, daß der Zylindermantel mit einem umlaufenden Falz (F) oder Vorsprung versehen ist, der eine akustisch dichte Befestigung des Zylinders in einer passenden Öffnung einer Gehäusewand des Lautsprechergehäuses erlaubt, daß der Regler, der Leistungsverstärker und weitere für den Betrieb erforderliche Bauteile in dem anderen Innenvolumen (V2) untergebracht sind, daß als Leistungsverstärker ein Verstärker mit in Schaltbetrieb arbeitenden Ausgangstransistoren verwendet wird, und daß der gesamte Apparat mechanisch eine Einheit bildet.

4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das dem Regler zugeführte Sollwertsignal, das die zeitlich gemittelte Größe des außerhalb des Lautsprechergehäuses herrschenden Gasdruckes beschreibt, mit einem Signal addiert wird, das dem Eingangssignal des in den Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers direkt proportional ist, und daß das Vorzeichen und die Größe des Proportionalitätsfaktors derart gewählt sind, daß der durch die Wirkung des Regelkreises sich einstellende Gasdruck in dem an die Membran des in den Außenraum Schall abstrahlenden Lautsprechers (LA) angrenzenden Innenvolumen auf diese Membran eine Kraft ausübt, die parallel zu der von dem den Außenlautsprecher treibenden Eingangssignal erzeugten, auf die Membran dieses Lautsprechers einwirkenden Antriebskraft wirkt, und die die von der Membraneinspannung des Lautsprechers herrührenden Federkräfte in ihrer Wirkung annähernd aufhebt.

55 Claims

1. Device for bass reproduction by a loudspeaker system with acoustically closed housing (G), at which

the housing's volume is partitioned into two chambers (V1, V2) by an inner wall (T), and at which one of these chambers (V1) adjoins the membrane of the loudspeaker (LA), which emits sound into the exterior, and at which an electrodynamic transducer (TR), whose displacable membrane (M) is excited by a coil in reaction with a magnetic field, is built into the inner wall (T) in a way, that the transducer's (T) membrane (M) separates the two inner chambers (V1, V2) and changes by its movements the pressure and the volume in both chambers (V1, V2), and at which into the inner chamber (V1) which adjoins the membrane of the loudspeaker (LA), which emits sound into the exterior, a gas-pressure sensor (P) is placed, which produces an electrical signal describing the pressure in this chamber (V1), characterized in that the gas-pressure sensor works as part of a closed loop automatic control circuit, that the inner electrodynamic transducer (TR) works as part of this control circuit, that this closed loop control circuit comprises in addition an electronic controller (R) and an electronic power amplifier (A), that the output signal of the gas-pressure sensor is applied to the controller (R) as a signal describing the momentary gas pressure, that a signal describing the time-averaged mean value of the gas pressure outside the housing (G) is applied as the setpoint value to the controller (R), that the controller (R) drives the power amplifier, which drives the inner transducer (TR), and that the controller (R) and the other components of the circuit are dimensioned in a way, that the difference between the momentary value of the gas pressure in the inner chamber (V1) adjoining the sound radiating loudspeaker and the time-averaged mean value of the gas pressure outside the housing is always held by the control circuit infinitely small in comparison to the difference without pressure control, and hence the momentary value of the inner pressure almost equals the mean value of the outer gas pressure at all times.

2. Device according to claim 1, characterized in that the inner volume of the acoustically closed housing (G) is partitioned by two acoustically separating walls (T, T1) into three chambers (V1a, V1b, V2), whereby the first chamber (V1a) is enclosed by the membrane of the loudspeaker (LA) which emits sound into the exterior, by parts of the housing's (G) wall and by the second inner wall (T1), that the middle chamber (V1b) is enclosed by parts of the housing's (G) wall, by the first inner wall (T) and by the second inner wall (T1), that the last chamber (V2) is enclosed by parts of the housing's (G) wall and the first inner wall (T), that the second inner wall (T1) has holes (D) which acoustically connect the two chambers (V1a, V1b) adjoining this wall (T), these are the first and the middle chamber, that these

holes are so constructed and stuffed with a fibrous or foamy material which increases the flow resistance, or that the whole wall is built of these materials, in such a way that sound and pressure are transferred from the first chamber (V1a) into the middle chamber (V1b) and vice versa according to a transfer function with low pass characteristics, that an electrodynamic transducer (TR) is built into an opening of the first wall (T) in such a way, that its membrane (M) separates the two chambers (V1b, V2) adjoining to this wall (T), these are the middle chamber and the last chamber, that a gas-pressure sensor (P) is placed in the middle chamber, that the gas-pressure sensor produces an electrical signal describing the gas-pressure in this chamber (V1), that the gas-pressure sensor works as part of a closed loop automatic control circuit, that the inner electrodynamic transducer (TR) built into the first wall (T) works as part of this control circuit, that this control circuit comprises in addition a controller (R) and an electronic power amplifier (A), that the output signal of the gas-pressure sensor is applied to the controller (R) as the controlled value, that a signal describing the time-averaged mean value of the gas-pressure outside the housing is applied as the setpoint value to the controller, that the controller drives the power amplifier, which drives the inner transducer (TR), and that the controller and the other components of the circuit are dimensioned in a way, that the difference between the momentary value of the gas pressure in the middle chamber (V1b) and the time-averaged mean value of the gas pressure outside the housing is always held by the control circuit infinitely small in comparison to the difference without control, and hence the momentary value of the inner pressure almost equals the mean value of the outer pressure at all times.

3. Device to be mounted into a loudspeaker housing equipped with a loudspeaker system, for supporting the bass reproduction by the loudspeaker system working with an acoustically closed housing, characterized in that this device has a cylindrical, sound-proof and almost pressure-tight enclosure (G), that the inner volume of the device is divided by a sound-proof and almost pressure tight wall (T), which lies in parallel to the covers of the cylinder, into two chambers (V1b, V2), that an electrodynamic transducer (TR) is built into an opening of this wall in such a way that its membrane (M) separates the two chambers (V1b, V2) adjoining the wall, that a gas-pressure sensor (P) is placed into the first chamber (V1b), that this sensor is part of a closed loop automatic control circuit, that the control circuit comprises the sensor, an electronic controller (R), an electronic power amplifier (A) and the inner transducer (TR), which is built into the wall, that the gas-pres-

sure sensor's electrical output signal is applied to the controller as the controlled value, that a signal proportional to the time averaged mean value of the gas pressure outside the housing (G) is applied as set point value to the controller, that the controller drives the power amplifier, which drives the inner transducer (TR), that the controller and the other components are dimensioned in such a way that the difference between the momentary value of the gas pressure in the first chamber (V1b) and the time-averaged mean value of the gas pressure outside the enclosure (G) is always held infinitely small by the control circuit in comparison to the difference without control, and that therefore the momentary value of the inner pressure almost equals the mean value of the gas pressure outside the enclosure at all times, that holes (D) in the cylinder cover connect that first chamber with the outside of the enclosure in the region of the holes, that these holes are so constructed and stuffed with a fibrous or foamy, acoustically damping material in such a way that sound and pressure are transferred between the first chamber and the outside and vice versa according to a transfer function with low pass characteristic, that the cylindrical enclosure has a circular fold (F) or projection around it to allow a sound-proof mounting of the cylinder into a suitable opening of the loudspeakerhousing's wall, that the controller, the power amplifier and the other components necessary for operation are incorporated into the other chamber (V2), that the power amplifier's output transistors work in switched mode, and that the whole device is one mechanical entity.

4. Device according to the claims 1 and 2, characterized in that the signal applied to the controller as setpoint value, which describes the time-averaged mean value of the gas-pressure outside the housing, is added with a signal proportional to the input signal of the loudspeaker, which emits sound into the exterior, that the sign and the value of the factor of proportionality is chosen in such a way that the gas-pressure, which is influenced by the control circuit, in the chamber adjoining the membrane of the loudspeaker (LA), which emits sound into the exterior, is held by the control circuit to such a value, that a force is exercised upon this membrane, which acts in parallel to the force acting upon the membrane and created by the input signal applied to the external loudspeaker, and which compensates the elastic forces stemming from the membrane's suspension.

Revendications

1. Appareil pour la reproduction des basses fréquences par un système haut-parleur utilisant une en-

ceinte (G) acoustique avec espace clos, dans laquelle le volume intérieur est divisé en 2 chambres (V1, V2) par une cloison (T) interne, la première chambre (V1) confinant à la membrane du haut-parleur (LA), qui émette l'ondes acoustiques vers l'extérieur de l'enceinte, dans laquelle un transducteur électrodynamique (TR), dont la membrane mobile est déplacée par une bobine mobile en réaction avec un champ magnétique, est monté dans la cloison interne (T), de façon à ce que la membrane (M) du transducteur (TR) sépare les 2 chambres (V1, V2) internes et change avec sa motion les volumes et les pressions des deux chambres, et dans laquelle un senseur (P) à pression du gas se trouve dans la chambre interne (V1) confinant à la membrane du haut-parleur (LA), qui émette l'ondes acoustiques vers l'extérieur de l'enceinte, le senseur producant un signal électrique, qui décrit la pression du gas dans la chambre (V1) interne, caractérisé par les faits que le senseur à pression du gas est un élément d'un circuit du régulation, que le transducteur (TR) interne est un élément de ce circuit du régulation, que ce circuit du régulation consiste de plus en un servo régulateur (R) électronique et un amplificateur (A) électronique, que le signal produit par le senseur du pression est appliqué au servo regulateur (R) comme un signal descriptif de la valeur réelle du pression du gas, que la valeur de consigne appliquée au servo regulateur est un signal descriptif de la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte (G), que ce regulateur (R) commande l'amplificateur de puissance qui excite le transducteur interne (TR), et que le regulateur (R) et les autres éléments du circuit sont dimensionnés de façon à ce que la difference entre la valeur momentanée du pression du gas dans la chambre (V1) interne, que confine à la membrane du haut-parleur (LA) émettant l'ondes acoustiques vers l'extérieur de l'enceinte, et la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte est maintenue par l'action de ce circuit du régulation presque minuscule à tout moment en comparaison avec la difference du pression en operation sans regulation, tel que la valeur momentanée du pression interne et la valeur moyenne du pression extérieure sont toutes les temps quasi egales.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par les faits, que le volume intérieur de l'enceinte (G) acoustique avec espace clos est divisé en 3 chambres (V1a, V1b, V2) par 2 cloisons (T, T1) acoustiquement separant, de façon à ce que la première chambre (V1a) est entourée par la membrane du haut-parleur (LA), qui émette vers l'extérieur, des sections de la cloture (G) et la deuxième cloison (T1) interne, que la chambre médian (V1b) est entourée par la première cloison (T) et la deuxième

cloison (T1) interne et des sections de la cloture (G), que la chambre dernière est entourée par la première cloison interne (T) et des sections de la cloture (G), que la deuxième cloison (T1) tient des percements (D), de façon à ce que les deux chambres (V1a, V1b) confinant a cette cloison (T1), c'est à dire la première chambre et la chambre médian, sont acoustiquement conjointes, que ces percements sont contruites et sont remplis avec des matérioux fibreux ou cellulaires, qui augmentent la resistance de passage, ou que toute la cloison est contruite de ces materioux, de façon à ce que la pression et le son sont transmises de la première chambre (V1a) en la chambre médian (V1b) et en arrière selon une fonction de transfert avec caractéristique filtre pass-bas, que dans une ouverture de la cloison première (T) un transducteur electrodynamique (TR) est monté, de façon à ce que sa membrane (M) sépare les 2 chambres (V1b, V2), qui confinent a cette cloison (T), c'est à dire la chambre médian et la dernière chambre, que dans la chambre médian un senseur (P) à pression du gas se trouve, que le senseur à pression du gas produce un signal électrique, qui décrit la pression du gas dans cette chambre médian, que le senseur (P) à pression du gas est un élément d'un circuit du régulation, que le transducteur (TR) électrodynamique interne monté dans la cloison première (T) est un élément de ce circuit du régulation, que ce circuit du régulation consiste de plus en un servo régulateur (R) électronique et un amplificateur (A) électronique, que le signal produit par le senseur du pression est appliqué au servo regulateur (R) comme un signal descriptif de la valeur réelle du pression du gas, que la valeur de consigne appliquée au servo regulateur est un signal descriptif de la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte (G), que ce regulateur (R) commande le amplificateur de puissance qui excite le transducteur interne (TR), et que le regulateur et les autres éléments du circuit sont dimensionnés de façon à ce que la difference entre la valeur momentanée du pression du gas dans la chambre médian (V1b) et la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte est maintenue par l'action de ce circuit du régulation presque minuscule à tout moment en comparaison avec la difference du pression en operation sans regulation, tel que la valeur momentanée du pression interne et la valeur moyenne du pression extérieure sont toutes les temps quasi egales.

3. Appareil pour montage dans une enceinte acoustique avec un system haut-parleur pour supporter la reproduction des basses fréquences par cette enceinte acoustique avec espaces clos caracterisé par les faits, que la cloture (G) de ce appareil est cylindrique, insonore et presque hermetique, que le

volume intérieur de la cloture (G) est divisé en 2 chambres (V1b, V2) par une cloison interne (T) insonore et presque hermetique se trouvant en parallèle à les deux chapeaux du cylindre, que dans une ouverture de cette cloison (T) un transducteur électrodynamique (TR) est monté, de façon à ce que sa membrane (M) sépare les 2 chambres (V1b, V2), qui confinent a cette cloison (T), que dans la chambre première (V1b) un senseur (P) à pression du gas se trouve, que ce senseur est un élément d'un circuit du régulation, que ce circuit du régulation consiste en le senseur, un servo régulateur (R) électronique, un amplificateur (A) électronique et le transducteur (TR) électrodynamique interne monté dans la cloison, que le signal électrique produit par le senseur du pression est appliqué au servo regulateur comme un signal descriptif de la valeur réelle du pression du gas, que la valeur de consigne appliquée au servo regulateur est un signal descriptif de la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte (G), que ce regulateur (R) commande l'amplificateur de puissance qui excite le transducteur interne (TR), que le regulateur et les autres éléments du circuit sont dimensionnés de façon à ce que la difference entre la valeur momentanée du pression du gas dans la chambre première (V1b) et la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte (G) est maintenue par l'action de ce circuit du régulation presque minuscule à tout moment en comparaison avec la difference du pression en operation sans regulation, tel que la valeur momentanée du pression interne et la valeur moyenne du pression extérieure sont toutes les temps quasi egales, que cette première chambre est conjointe par percements dans le chapeau confinant à cette chambre avec l'extérieur, qui confine à l'enceinte en la region des percements, que les percements sont contruites et sont remplis avec des matérioux fibreux ou cellulaires insonores, de façon à ce que la pression et le son sont transmises de l'extérieur en la première chambre (V1b) et en arrière selon une fonction de transfert avec caractéristique filtre pass-bas, que la cloture cylindrique est fournie avec un pli circulaire permettant la montage hermetique du cylindre dans une ouverture propre dans la cloture de l'enceinte acoustique, que le regulateur, l'amplificateur et d'autres elements nécessaires pour l'operation se trouvent dans l'autre chambre (V2), que l'amplificateur a des transistors de sortie, qui fonctionent au mode commutant, et que l'appareil complet est mechaniquement une unité.

4. Appareil selon les revendications 1 et 2, caractérisé par les faits, que la valeur de consigne appliquée au servo regulateur, qui est un signal descriptif de la valeur moyenne temporelle du pression du gas dans l'extérieur de l'enceinte, est additionnée avec

un signal directement proportionnel au signal d'attaque appliqué au haut-parleur, qui émette l'ondes acoustiques vers l'extérieur, et que le signe et la valeur du facteur de la proportionnalité sont choisies d'une manière, que la pression du gaz, qui est influencée par l'action du régulateur, dans la chambre interne confinante à la membrane du haut-parleur (LA), qui émette l'ondes acoustiques vers l'extérieur de l'enceinte, exerce sur cette membrane une force, qui agit en parallèle de la force produite par le signal d'attaque appliqué au haut-parleur de façade et influencant la membrane de ce haut-parleur, et qui quasi supprime l'effet des forces élastiques produites par la suspension de la membrane du haut-parleur.

5

10

15

20

25

30

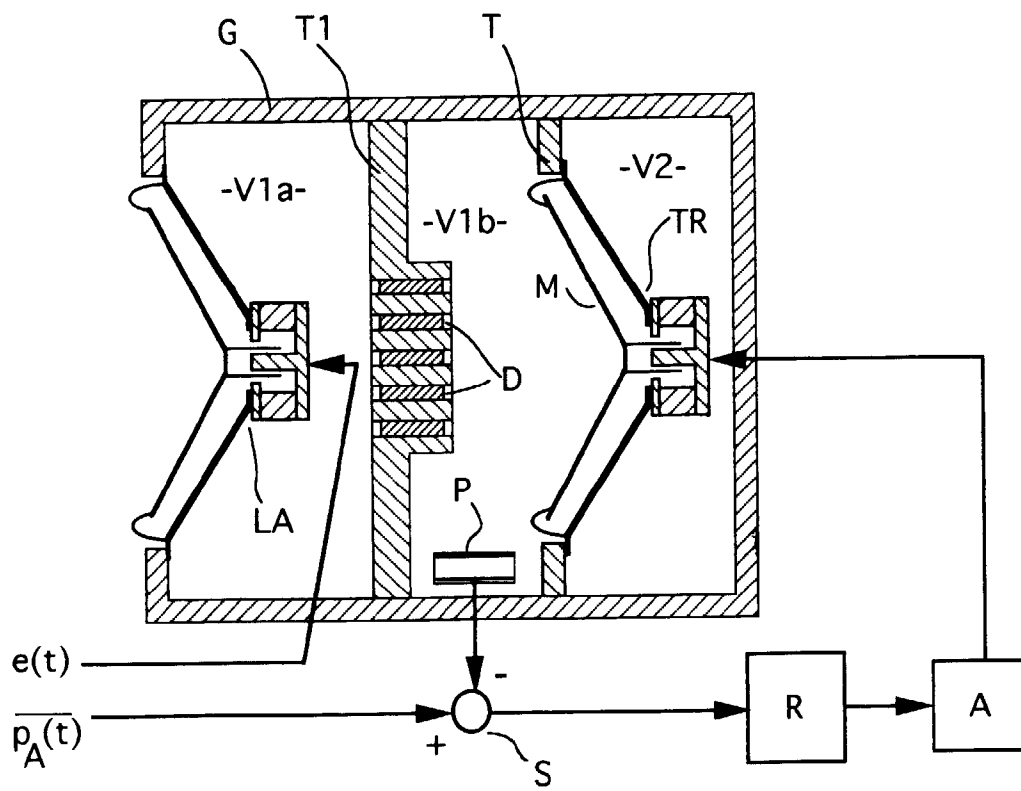
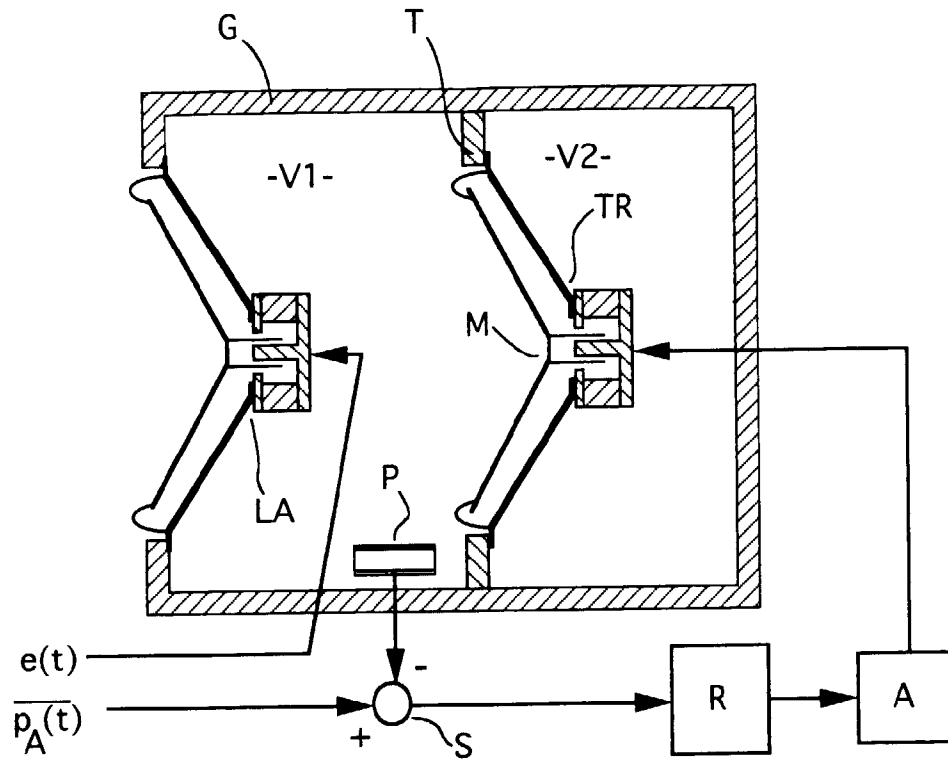
35

40

45

50

55



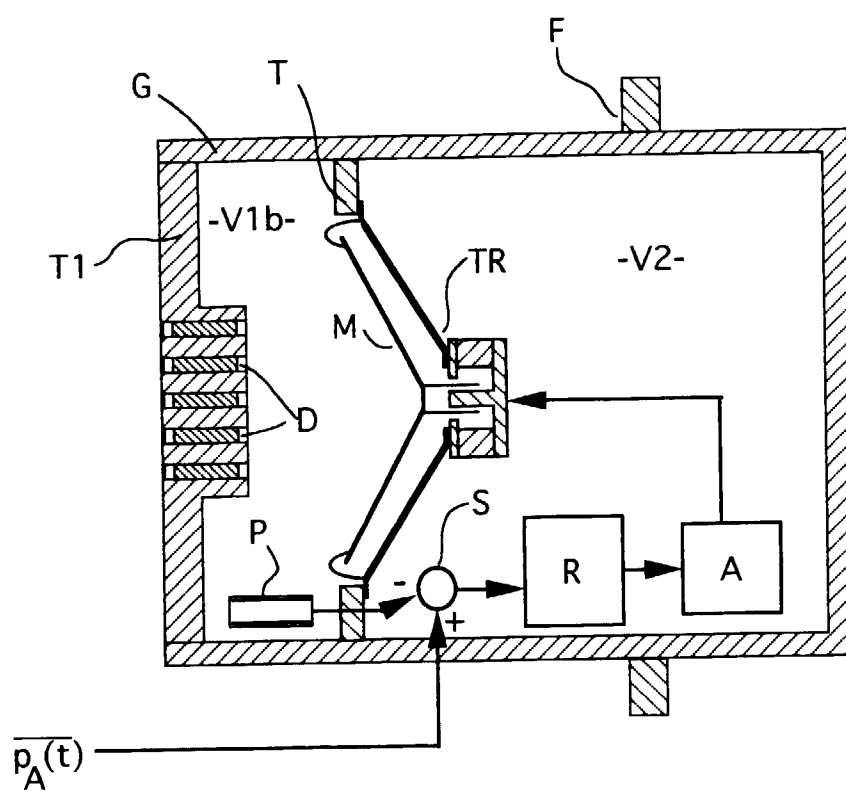


FIG. 3