

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 477 591 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91114737.9**

(51) Int. Cl.⁵: **H04R 3/04, H04R 1/28**

(22) Anmeldetag: **02.09.91**

(30) Priorität: **27.09.90 CH 3111/90**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.04.92 Patentblatt 92/14

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK FR GB IT LI

(71) Anmelder: **STUDER REVOX AG**
Althardstrasse 30
CH-8105 Regensdorf ZH(CH)

(72) Erfinder: **Schultheiss, Roger**
Gumpenwiesenstrasse 2
CH-8157 Dielsdorf(CH)
Erfinder: **Zwicky, Paul**
Chännelstrasse 4
CH-8157 Dielsdorf(CH)

(74) Vertreter: **Ellenberger, Maurice**
STUDER REVOX AG Althardstrasse 30
CH-8105 Regensdorf(CH)

(54) **Verstärkereinheit.**

(57) Um bei elektrodynamischen Lautsprechereinheiten (2), einerseits die energetisch gesehen guenstige akustische Unterstuetzung durch das Bassreflex-Prinzip und andererseits die Bewegungskontrolle der Membran der Lautsprechereinheit durch dessen Ansteuerung mit einem Verstaerker (9) mit negativer Ausgangsimpedanz anwenden zu koennen, wird vorgeschlagen, die daraus resultierende unguenstige Frequenzcharakteristik mit einer vorgeschalteten Schaltung (7) auszugleichen, die eine invers dazu verlaufende Charakteristik erzeugt.

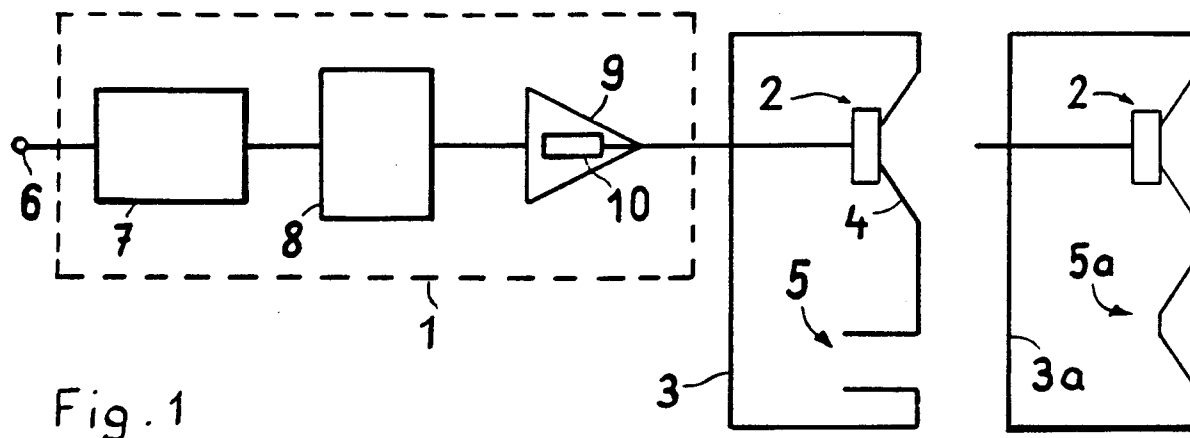


Fig. 1

EP 0 477 591 A1

Die Erfindung betrifft eine Verstaerkereinheit zur Speisung einer elektrodynamischen Lautsprechereinheit, die in einem Gehaeuse zusammen mit einer Vorrichtung angeordnet ist, die an die Lautsprechereinheit angekoppelt ist und die Schallenergie in einem begrenzten Frequenzbereich derjenigen Energie gleichpolig addiert, die von der Vorderseite der Lautsprechereinheit abgegeben wird.

5 Darunter fallen beispielsweise Bassreflexgehaeuse mit Verstaerkereinheiten, die zur Speisung der, im Bassreflexgehaeuse angeordneten, Lautsprechereinheiten vorgesehen sind. In einem Bassreflexgehaeuse sind ueblicherweise zwei Resonanzkreise miteinander gekoppelt. Der eine Resonanzkreis ist durch die Lautsprechereinheit und der andere Resonanzkreis ist durch die obengenannte Vorrichtung dargestellt, wobei diese Vorrichtung beispielsweise aus einer Oeffnung im Gehaeuse besteht, die ueber die Luft im
10 Gehaeuse an die Rueckseite der Membran der Lautsprechereinheit angekoppelt ist. Solche Bassreflexgehaeuse bieten ueblicherweise in einem eng begrenzten Frequenzbereich akustische Unterstuetzung. Es ist aus dem Journal of the Audio Engineering Society, Vol. 19, No. 6, June 1971, A.N.Thiele: "Loudspeakers in Vented Boxes: Part II" bekannt, solche Lautsprechereinheiten mit einem Verstaerker mit negativer Ausgangsimpedanz zu speisen, was die Anpassung der Lautsprechereinheit an ihr Gehaeuse und umgekehrt
15 verbessert.

Der Nachteil einer solchen Kombination von Bassreflexgehaeuse und Verstaerker besteht darin, dass deren Dimensionierung schwierig ist. Im Bassbereich haben diese Kombinationen einen Frequenzgang, dessen Abfall gegen Null, vierter Ordnung ist. Sie haben deshalb ein schlecht beherrschbares Einschwingverhalten und einen unguenstigen Phasengang.

20 Eine weitere solche Verstaerkereinheit zur Speisung der Schwingspule eines Basslautsprechers ist beispielsweise aus der DE-OS-27 13 023 bekannt. Dabei weist die Verstaerkereinheit eine Ausgangsimpedanz auf, die einem negativen Widerstand aequivalent ist, der in Serie mit einem Parallelschwingkreis liegt. Der negative Widerstand hat praktisch den gleichen Wert wie der Widerstand der Schwingspule. Durch den Betrieb des Basslautsprechers mit einem derartigen Verstaerker laesst sich eine Veraenderung des
25 Basslautsprechers erreichen, die aequivalent ist der Aenderung der mechanischen Parameter des Lautsprecherelementes wie beispielsweise dessen Masse, Rueckstellkraft und Daempfung. Mit anderen Worten soll so die Resonanzfrequenz des Lautsprechers bekaempft und gleichzeitig eine andere Resonanzfrequenz erzwungen werden, die besser auf das Gehaeuse und die Vorrichtung, die an die Rueckseite des Lautsprechers angekoppelt ist, abgestimmt ist.

30 Diese bekannte weitere Verstaerkereinheit ergibt Verbesserungen des Frequenzganges der angeschlossenen Lautsprechereinheit, die auf den Bereich mit niedrigen Frequenzen beschraenkt sind. Es handelt sich dabei um ein System vierter Ordnung mit den bereits erwaehnten Nachteilen. Fuer den Mittel- und Hochtonbereich ergeben sich daraus keine Verbesserungen.

Aus der EP 0 322 679 ist ein Lautsprechersystem bekannt, bei dem eine Membran mit ihrer Vorderseite
35 einen ersten Resonator und mit ihrer Rueckseite einen zweiten Resonator antreibt und damit keinen direkt nach aussen wirkenden Schall erzeugt. Gegenueber einem System mit einem einzigen Resonator kann damit der Frequenzbereich in dem Resonanz und damit Bassverstaerkung auftritt erweitert werden. Durch Speisung eines solchen Systemes durch einen Verstaerker mit negativer Ausgangsimpedanz kann der Frequenzgang fuer tiefe Frequenzen verbessert werden.

40 Der Nachteil dieses Systemes besteht darin, dass es nur fuer tiefe Frequenzen Verbesserungen ergibt und dass zusaetzlich eine weitere Lautsprechereinheit vorgesehen werden muss, die Toene mit solcher Frequenz direkt abstrahlt, die nach oben an die Resonanzfrequenzen des hoeherfrequenten Resonators anschliessen. Ferner handelt es sich um ein System von mindestens 4. Ordnung mit den bereits erwaehnten Nachteilen.

45 Die Erfindung wie sie in den Patentanspruechen gekennzeichnet ist, loest die Aufgabe, eine Verstaerkereinheit zu schaffen, die vom Bassbereich bis zum Hochtonbereich einen moeglichst idealen, d.h. gerade verlaufenden Frequenz und Phasengang aufweist ohne auf die akustische Unterstuetzung eines Gehaeuse-resonators verzichten zu muessen.

Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, dass die erfindungsgemaesse Verstaerkereinheit sich dabei sehr gut mit einem Lautsprecher zusammenschalten laesst, der in
50 einem Gehaeuse eingebaut ist, das einen Helmholtz-Resonator oder ein beliebiges anderes schwingfaehiges Element aufweist, wie dies beispielsweise fuer sogenannte Bassreflexboxen zutrifft. Durch die spezielle Ausbildung der Verstaerkereinheit lassen sich die Vorteile, die eine negative Ausgangsimpedanz an der Verstaerkereinheit bietet, vereinen mit den Vorteilen die beispielsweise Bassreflexsysteme bieten.

55 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen naeher erlaeutert. Es Zeigt
Figur 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemaessen Verstaerkereinheit mit einem Lautsprecher in einem Gehaeuse,
Figur 2, 3 und 4 je eine weitere Ausfuehrungsform fuer ein Gehaeuse,

Figur 5 bis 10 je ein Ausfuehrungsbeispiel fuer ein Element der erfindungsgemaessen Verstaerkereinheit, Figur 11, 12 und 13 je eine Charakteristik fuer eine Lautsprechereinheit mit einer Verstaerkereinheit gemaess dem Stand der Technik,

Figur 14, 15 und 16 je eine Charakteristik fuer eine Lautsprechereinheit mit einer weiteren Ausfuehrung einer Verstaerkereinheit,

Figuren 17, 18 und 19 je eine Charakteristik fuer einen Teil der erfindungsgemaessen Verstaerkereinheit und

Figur 20 ein Ersatzschaltbild fuer die Verstaerkereinheit mit Lautsprechereinheit und Gehaeuse.

Figur 1 zeigt eine Verstaerkereinheit 1 zur Speisung einer elektrodynamischen Lautsprechereinheit 2, die in einem Gehaeuse 3 angeordnet ist. Als Vorrichtung 5, die an die Rueckseite 4 der Lautsprechereinheit 2 angekoppelt ist, ist hier ein Helmholtz-Resonator vorgesehen. Die Koppelung zwischen der Rueckseite 4 und der Vorrichtung 5 geschieht in bekannter Weise hier beispielsweise durch die Luft im Gehaeuse 3. Die Verstaerkereinheit 1 besteht aus einem Eingang 6, einer Schaltung 7 zur Veraenderung der Charakteristik des Ausgangssignals, einem Integrierer 8 und einem Verstaerker 9, der eine negative Ausgangsimpedanz aufweist, die durch den negativen Widerstand 10 angedeutet ist.

Figur 2 zeigt ein weiteres Beispiel fuer ein Gehaeuse 3a in dem eine Vorrichtung 5a angeordnet ist. Als Vorrichtung 5a dient hier eine nicht angetriebene Membran, die ebenfalls ueber die Luft mit der Lautsprechereinheit 2 gekoppelt ist.

Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel fuer ein Gehaeuse 3b in dem eine Vorrichtung 5b angeordnet ist. Als Vorrichtung 5b dient hier ein gefalteter Kanal, der in eine Oeffnung 11 muendet.

Figur 4 zeigt ein weiteres Beispiel fuer ein Gehaeuse 3c in dem eine Vorrichtung 5c angeordnet ist. Als Vorrichtung 5c dient hier ein Horn.

Figur 5 zeigt hier ein Ausfuehrungsbeispiel einer Schaltung 7. Sie besteht aus einem Eingang 12, einem Tiefpassfilter 13 erster Ordnung, einem Integrierer 14, einem Additionsglied 15, einer Leitung 16, alle in Serie geschaltet und einer Parallelleitung 17, die vom Eingang 12 zum Additionsglied 15 fuehrt und zum Tiefpassfilter 13 und zum Integrierer 14 parallel geschaltet ist. Das Additionsglied 15 hat einen Ausgang 18. Mathematisch wird diese Schaltung durch eine Uebertragungsfunktion dargestellt, entsprechend der Formel

$$U_a/U_e = 1 + \frac{1}{sT_1(1+sT_2)}$$

mit $s=j\omega$, wobei $j\omega$ (jomega) die komplexe Winkelgeschwindigkeit oder einfach eine frequenzabhaengige Groesse und $T_1 = L/R$ und $T_2 = RC$ bedeutet.

Figur 6 zeigt ein weiteres Ausfuehrungsbeispiel der Schaltung 7. An den Eingang 12 ist ueber eine Leitung 19 ein Integrierer 20 und ein Tiefpassfilter 21 erster Ordnung an das Additionsglied 15 angeschlossen. Der Eingang 12 ist ferner ueber eine Leitung 22 und ein Tiefpassfilter 23 erster Ordnung und eine Leitung 24 und ein Hochpassfilter 25 erster Ordnung an das Additionsglied 15 angeschlossen. Das Additionsglied 15 hat hier ebenfalls einen Ausgang 18. Mathematisch wird diese Schaltung durch die Formel

$$U_a/U_e = \frac{1}{sT_1(1+sT_2)} + \frac{1}{(1+sT_2)} + \frac{sT_2}{(1+sT_2)}$$

dargestellt.

Figur 7 zeigt ein weiteres Ausfuehrungsbeispiel der Schaltung 7. An den Eingang 12 ist ueber eine Leitung 26 ein Tiefpassfilter 27 erster Ordnung und ein Integrierer 28 an das Additionsglied 15 mit dem Ausgang 18 angeschlossen und ueber eine Leitung 29 ist ein Hochpassfilter 30 erster Ordnung in gleicher Weise an den Eingang 12 und das Additionsglied 15 angeschlossen. Zwischen Tiefpassfilter 27 und Integrierer 28 ist eine weitere Leitung 31 angeschlossen, die zum Additionsglied 15 fuehrt. Mathematisch wird diese Schaltung durch dieselbe Formel beschrieben, wie sie fuer die Schaltung gemaess Figur 6 gilt.

Figur 8 zeigt ein weiteres Ausfuehrungsbeispiel der Schaltung 7. An den Eingang 12 sind ueber eine Leitung 32 zwei Differenzierer 33, 34 und ueber eine Leitung 35 ein Differenzierer 36 angeschlossen. Zudem muenden die Leitungen 32 und 35 mit einer Leitung 37 in das Additionsglied 15. Zwischen dem Additionsglied 15 und dem Ausgang 18 sind ueber eine Leitung 38 noch ein Integrierer 39 und ein

Tiefpassfilter 40 erster Ordnung in Serie geschaltet. Mathematisch wird diese Schaltung durch die Formel

$$U_a/U_e = (1+sT_1+s^2T_1T_2) \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{(1+sT_2)}$$

dargestellt.

Figur 9 zeigt ein weiteres Ausfuehrungsbeispiel der Schaltung 7. Der Eingang 12 ist einerseits ueber eine Leitung 41 mit einem ersten Differenzierer 42 und einem zweiten Differenzierer 43 und andererseits ueber eine Leitung 44 mit dem Additionsglied 15 verbunden. Zwischen den beiden Differenzierern 42, 43 ist eine weitere Leitung 45 zugeschaltet, die von dort aus direkt in das Additionsglied 15 fuehrt. Dieses ist noch ueber eine Leitung 46, einen Integrierer 47 und ein Tiefpassfilter 48 an den Ausgang 18 angeschlossen. Mathematisch wird diese Schaltung durch die Formel, wie sie fuer die Schaltung gemaess Figur 8 gilt, dargestellt.

Figur 10 zeigt ein weiteres Ausfuehrungsbeispiel der Schaltung 7. Der Eingang 12 wird dabei ueber eine Leitung 49 in Serie mit einem ersten Differenzierer 50, ein erstes Additionsglied 51 einen Knoten 52, einen zweiten Differenzierer 53, ein zweites Additionsglied 54, einen Integrierer 55 und ein Tiefpassfilter 56 erster Ordnung mit dem Ausgang 18 verbunden. Zudem fuer vom Eingang 12 eine weitere Leitung 57 zum ersten Additionsglied 51 und vom Knoten 52 eine weitere Leitung 58 zum zweiten Additionsglied 54. Mathematisch wird diese Schaltung durch die Formel

$$U_a/U_e = (1+sT_3)(1+sT_4) \cdot \frac{1}{sT_1} \cdot \frac{1}{(1+sT_2)}$$

dargestellt.

Die Ausfuehrungsbeispiele fuer die Schaltung 7, wie sie in den Figuren 7 bis 12 dargestellt sind, sind somit relativ einfache Filter, die der Fachmann leicht nachbauen kann. Deshalb sind sie nicht weiter beschrieben. Es ist dem Fachmann auch klar, dass ein Integrierer auch als Tiefpassfilter ausgebildet sein oder als solcher aufgefasst werden kann. Entsprechend koennen zwei aufeinanderfolgende Tiefpassfilter erster Ordnung dann auch als ein Tiefpassfilter zweiter Ordnung ausgebildet sein. Dasselbe gilt auch fuer Differenzierer, die als Hochpassfilter ausgebildet sein koennen.

Figur 11 zeigt eine Darstellung eines Frequenzganges 59 wie er fuer einen an sich bekannten Bassreflexlautsprecher gilt. Laengs einer Horizontalen 60 sind Frequenzwerte in Hertz logarithmisch aufgetragen. Laengs einer Vertikalen 61 sind Werte fuer Amplituden in Dezibel aufgetragen. Man erkennt auch den sogenannten 3dB-Punkt, der mit 62 bezeichnet ist. Dieser bedeutet, dass die Amplitude eines Signales mit einer Frequenz von 40Hz um 3dB reduziert ist, gegenueber der Amplitude eines Signales mit vielfacher Frequenz.

Figur 12 zeigt eine Darstellung der Phasenverschiebung 63 fuer Signale, die im obengenannten Bassreflexlautsprecher wiedergegeben werden. Dazu ist laengs einer Horizontalen 64 wie in Figur 11 die Frequenz und sind laengs einer Vertikalen 65 Werte fuer die Phasendifferenz von 0° bis 360° angegeben. Beispielsweise erkennt man daraus, dass ein Signal mit einer Frequenz von 40 Hz eine Phasenverschiebung von 180° erfahrt.

Figur 13 zeigt eine Darstellung der Laufzeiten 66 von Signalen mit verschiedenen Frequenzen im obengenannten an sich bekannten Bassreflexlautsprecher. Dazu sind laengs einer Horizontalen 67 Werte von Frequenzen und laengs einer Vertikalen 68 Werte von Zeiten oder Zeitdifferenzen in Sekunden aufgetragen. Beispielsweise erkennt man daraus, dass ein Signal mit einer Frequenz von 40Hz um ca. 0.015 sec verzoeget wird.

Figur 14 zeigt entsprechend Figur 11, eine Darstellung eines Frequenzganges 69 fuer ein Gehaeuse mit einem Helmholtz-Resonator und mit einer Lautsprechereinheit, die an einen Verstaerker mit negativer Ausgangsimpedanz angeschlossen ist. Man erkennt dabei, dass bei einer Frequenz von 40 Hz maximale Amplituden erreicht werden.

Figur 15 zeigt entsprechend Figur 12, eine Darstellung der Phasenverschiebung 70 fuer Signale, die aus einer Lautsprechereinheit mit einem Gehaeuse stammen, wie es fuer die Figur 14 gilt.

Figur 16 zeigt entsprechend Figur 13, eine Darstellung der Laufzeiten 71 von Signalen mit verschiedenen Frequenzen, wie sie aus einer Lautsprechereinheit mit einem Gehaeuse stammen, wie es fuer die

Figuren 14 und 15 gilt. Man erkennt hier, dass fuer dieses Beispiel die groesste Laufzeit fuer ein Signal mit ca. 40 Hz gilt.

Die Figuren 17, 18 und 19 zeigen Charakteristiken, wie sie fuer eine Schaltung 7 zur Veraenderung der Charakteristik des Ausgangssignals gelten. Im Gegensatz dazu zeigen die Figuren 11, 12 und 13 Charakteristiken gemaess dem Stand der Technik und die Figuren 14, 15 und 16 zeigen Charakteristiken fuer eine Kombination einer Lautsprechereinheit mit einem Bassreflexgehaeuse und einem Verstaerker mit negativer Ausgangsimpedanz, wie sie nicht zum Stand der Technik gehoert, da sie nie ausgefuehrt wurde. Diese Kombination stellt lediglich einen Schritt in der Entwicklung zur erfindungsgemaessen Loesung dar, der hier der besser verstaendlichen Darstellung wegen gezeigt wird aber in Wirklichkeit nie gemacht wurde, weil er schwerwiegende Fehler im Frequenzgang, Phasengang und im Zeitverhalten aufweist.

Die Figur 17 zeigt als Charakteristik einen Frequenzgang 72, der invers zum Frequenzgang 69 aus Figur 14 verlauft. Dabei ist er ueber einer Horizontalen 60 bzw. neben einer Vertikalen 61 aufgetragen, laengs der Frequenzwerte bzw. Amplitudenwerte aufgetragen sind, wie dies schon fuer die Figuren 11 und 14 gilt.

Die Figur 18 zeigt als Charakteristik eine Darstellung der Phasenverschiebung 73, die zur Darstellung der Phasenverschiebung in Figur 15 invers verlauft. Dabei sind die Werte fuer die Frequenzen laengs der Horizontalen 64 dieselben wie in Figur 15 und die Werte fuer die Phasenverschiebung laengs der Vertikalen 65 erstrecken sich von 0° bis -150° .

Die Figur 19 zeigt als Charakteristik eine Darstellung der Laufzeiten 74 die invers zur entsprechenden Darstellung 71 in Figur 16 verlauft. Dabei sind die gleichen Werte fuer die Frequenzen laengs der Horizontalen 67 und die gleichen Werte fuer die Laufzeiten laengs der Vertikalen 68 aufgetragen.

Die Figur 20 zeigt eine Ersatzschaltung 75 fuer die Verstaerkereinheit 1 zusammen mit der Lautsprechereinheit 2, dem Gehaeuse 3 und der Vorrichtung 5 wie sie Figur 1 zeigt. Wie eine solche Ersatzschaltung ermittelt wird, ist dem Fachmann beispielsweise aus der Veroeffentlichung "Vented-Box Loudspeaker Systems" von Richard H. Small in Journal of the Audio Engineering Society, June 1973 und aus der Veroeffentlichung "Loudspeakers in Vented Boxes" von A.N.Thiele in Journal of the Audio Engineering Society, May 1971, fuer eine Impedanzersatzschaltung sowie fuer eine Bewegungsersatzschaltung bekannt. Die Ersatzschaltung 75 ist eine Bewegungsersatzschaltung. Darin entsprechen elektrische Spannungen den Bewegungen oder Geschwindigkeiten, beispielsweise der Membran der Lautsprechereinheit oder der Luft, die durch diese bewegt wird. Die Ersatzschaltung 75 ist in bekannter Weise vereinfacht worden, indem der akustische Teil und der mechanische Teil einer aus den genannten Veroeffentlichungen bekannten allgemeinen Ersatzschaltung, beide in den elektrischen Teil hineingerechnet wurden. Dementsprechend erkennt man darin nur noch einen Generator 76, der ueber eine Leitung 77 mit Widerstaenden 78 und 79, mit einer Induktivitaet 80 und mit einer Kapazitaet 81 in Serie geschaltet ist. Dazwischen angeordnet und mit dem Generator 76 mit den Widerstaenden 78, 79 parallel geschaltet sind auch noch je eine Kapazitaet 82, eine Induktivitaet 83 und ein Widerstand 84. Dabei entspricht der Widerstand 78 dem Innenwiderstand des Generators 76, der Widerstand 79 dem Schwingspulenwiderstand in der Lautsprechereinheit, der Induktivitaet 80 die akustische Beweglichkeit des Luftpolsters im Gehaeuse oder der Kehrwert der akustischen Federkonstanten der Luft hinter der Membran, der Kapazitaet 81 die akustische Masse der Luftsauele im Rohr des Helmholtz-Resonators, der Kapazitaet 82 saemtliche uebrigen Massen des Systems zusammen gerechnet (ausgenommen die bereits oben erwahnten Massen), der Induktivitaet 83 die Summe der uebrigen Beweglichkeiten oder der Kehrwert saemtlicher mechanischen und akustischen Federkraefte im System, und dem Widerstand 84 die Summe der Kehrwerte der Verluste (mechanische Reibung, Erwaermung etc.) im System, inklusive Strahlungsimpedanzen der Membran. Parallel zur Kapazitaet 81 ist noch ein Widerstand 85 geschaltet, der dem Kehrwert der akustischen Verluste, inklusive Strahlungsimpedanzen im Helmholtz-Resonator entspricht. Fuer eine Verstaerkereinheit 1 mit negativer Ausgangsimpedanz gilt dann, dass die Summe der Widerstaende in den Widerstaenden 78 und 79 Null sein muss.

Alle Ausfuehrungsbeispiele fuer Schaltungen 7 zur Veraenderung des Ausgangssignales wie sie in den Figuren 5 bis 10 dargestellt sind, veraendern ein Eingangssignal, wie es am Eingang 6 oder 12 eingegeben wird, gemaess den Charakteristiken 72, 73, 74 wie sie die Figuren 19, 20, 21 zeigen. Das so veraenderte Signal wird anschliessend dem Integrierer 8 zugefuehrt wo es ueber die Zeit integriert wird. Der Frequenzgang eines solchen Integrierers ist an sich bekannt und entspricht einer mit steigender Frequenz abfallenden Geraden, bei logarithmischer Darstellung der Frequenz. Anschliessend wird das Signal dem Verstaerker 9 zugefuehrt, der es verstaerkt und der dem Signal die Charakteristik einer negativen Impedanz verleiht. Naturgemaess ist der Frequenzgang dieses Verstaerkers 9 zusammen mit der nachgeschalteten Lautsprechereinheit mit Gehaeuse invers zum Frequenzgang des Integrierers 8, weshalb eben dieser vorgeschaltet ist. Das vom Gehaeuse 3 gesamthaft abgestrahlte Signal hat dann wieder einen idealen Frequenzgang. Mit anderen Worten werden alle negativen Einfluesse, die das elektrische und das akustische Signal in der

Lautsprechereinheit 2 und im Gehaeuse 3 mit der Vorrichtung 5 erleidet, durch die Schaltung 7, den Integrierer 8 und die negative Impedanzcharakteristik des Verstaerkers 9 vorkompensiert. Dazu wird fuer die Auslegung der Schaltung 7 die Charakteristik ueber alle Elemente der Verstaerkereinheit 1, ausgenommen die Schaltung 7, und des Lautsprechers ermittelt und mit der idealen Charakteristik verglichen. So entstehen Charakteristiken 69, 70, 71. Dann werden dazu und im Vergleich zu idealen, geraden Charakteristiken inverse Charakteristiken 72, 73, 74 erzeugt. Durch diese werden naemlich bereits Stoereinfluesse kompensiert, die in der Lautsprechereinheit 2 auftreten. Dabei ist es auch wichtig, dass die Wirkung der negativen Impedanz nicht durch weitere Mittel auf einen bestimmten Frequenzbereich beschraenkt ist. Die negative Impedanz muss ueber einen moeglichst weiten Frequenzbereich ungestoert wirksam sein koennen, beispielsweise mindestens bis zwei Oktaven oberhalb der Resonanzfrequenz der Lautsprechereinheit.

Besonders vorteilhaft ist es, die Schaltung 7 ausgehend von einer ersten Charakteristik 69, 70, 71 zu ermitteln, die nicht experimentell, sondern durch theoretische Betrachtungen hergeleitet ist, beispielsweise ausgehend von einer elektrischen Ersatzschaltung, wie sie fuer eine Lautsprechereinheit mit einem Bassreflexgehaeuse allgemein bekannt und in Figur 20 dargestellt ist. Unter der hier vorgeschlagenen Voraussetzung, dass die Lautsprechereinheit durch einen Verstaerker mit negativer Ausgangsimpedanz gespiesen wird, muessen in einer solchen Ersatzschaltung der Widerstand in der Schwingspule und der Innenwiderstand des antreibenden Generators, die zusammen in Serie geschaltet sind, einander aufheben oder zusammengerechnet immer Null ergeben. So ergibt sich fuer die ganze Einrichtung wie sie in Figur 1 gezeigt ist, aber ohne die Schaltung 7 eine Uebertragungsfunktion der folgenden Form:

$$U_{\text{tot}} = \frac{\frac{sL(1+sCR)}{R}}{1 + \frac{sL}{R} + s^2LC} \cdot U_g$$

Darin bedeuten:

$s = j\omega$ was einen Frequenzabhaengigen Ausdruck ergibt, wobei die Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi \cdot f$ ist

L = akustische Beweglichkeit im Helmholtz-Resonator

R = Verluste " " "

C = Massen " " "

$U_{\text{tot}} = U_m - U_h$ wobei

U_m der Membrangeschwindigkeit entspricht und

U_h der Luftgeschwindigkeit im Helmholtz-Resonator entspricht

U_g = Generatorspannung

Aus der oben angegebenen Uebertragungsfunktion, die von der Ersatzschaltung 75 mit negativer Ausgangsimpedanz fuer den Generator 76 abgeleitet ist, laesst sich dann leicht auch die Uebertragungsfunktion fuer eine Schaltung 7 ableiten. Sie entspricht der inversen Uebertragungsfunktion und lautet:

$$U_{g'} = U_g \frac{1}{\frac{sL(1+sCR)}{R}} + 1$$

Dabei ist an sich bekannt, dass der Ausdruck

$$\frac{1}{sL/R} = \frac{1}{sT_1}$$

die Uebertragungsfunktion eines Integrierers und dass der Ausdruck

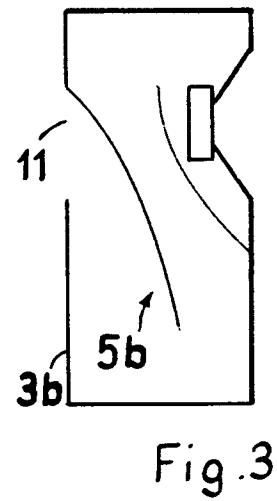
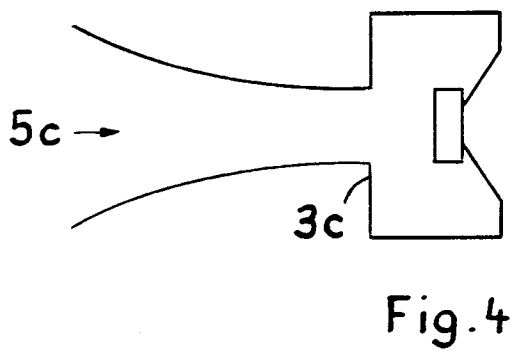
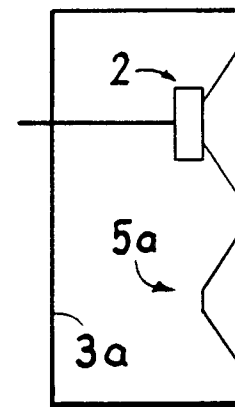
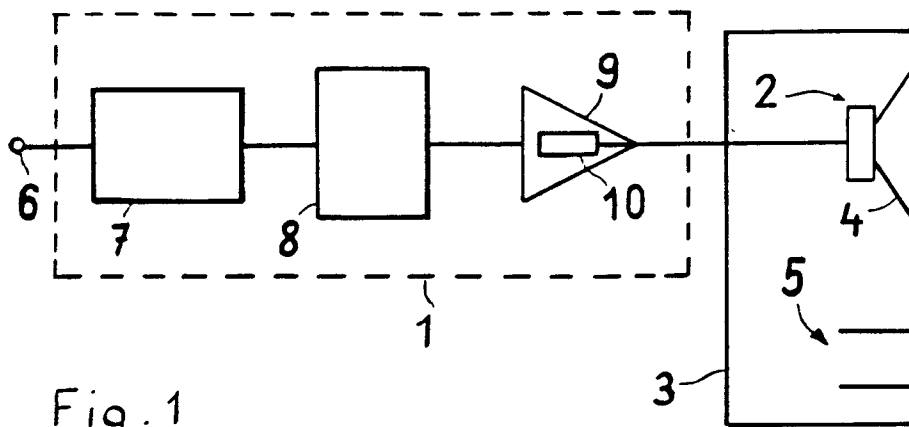
$$\frac{1}{(1+sCR)} = \frac{1}{(1+sT_2)}$$

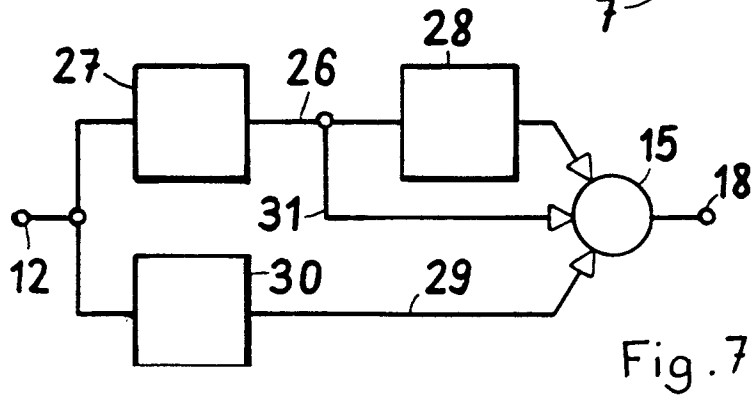
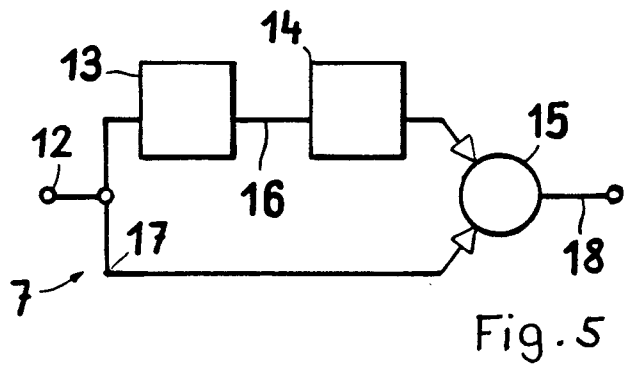
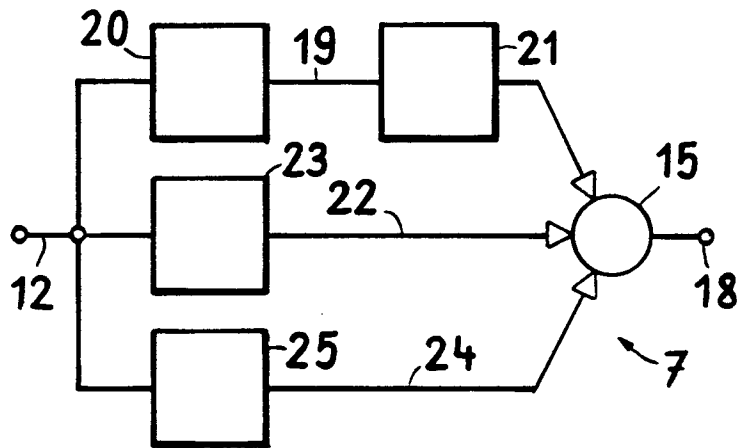
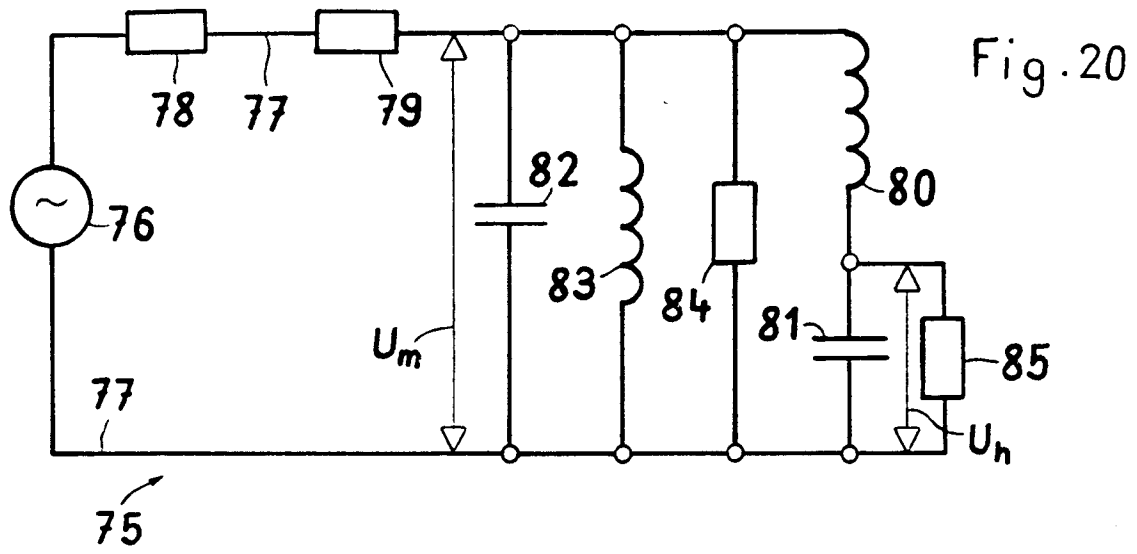
die Uebertragungsfunktion eines Tiefpassfilters ist. So lassen sich leicht die mathematischen Formeln, die fuer die Schaltungen gemaess den Figuren 5 bis 10 angegeben sind, durch an sich bekannte mathematische Umformungen wie Erweiterungen ableiten°.

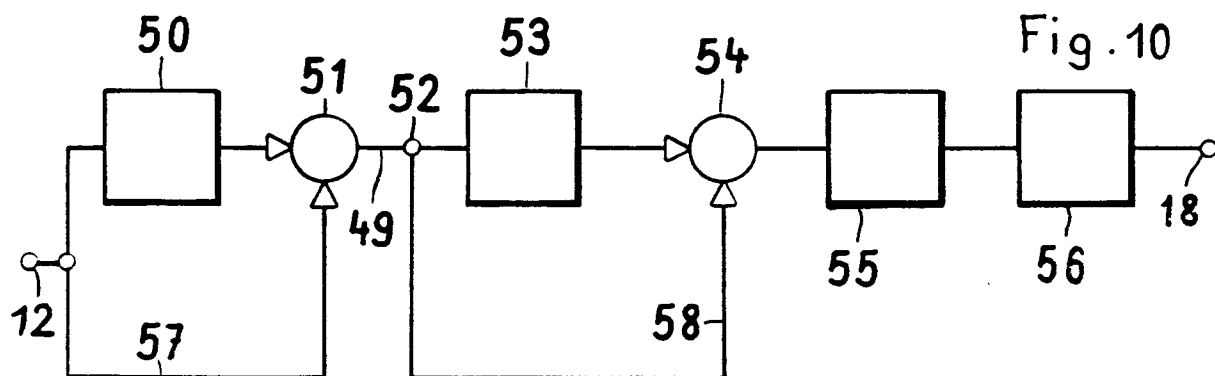
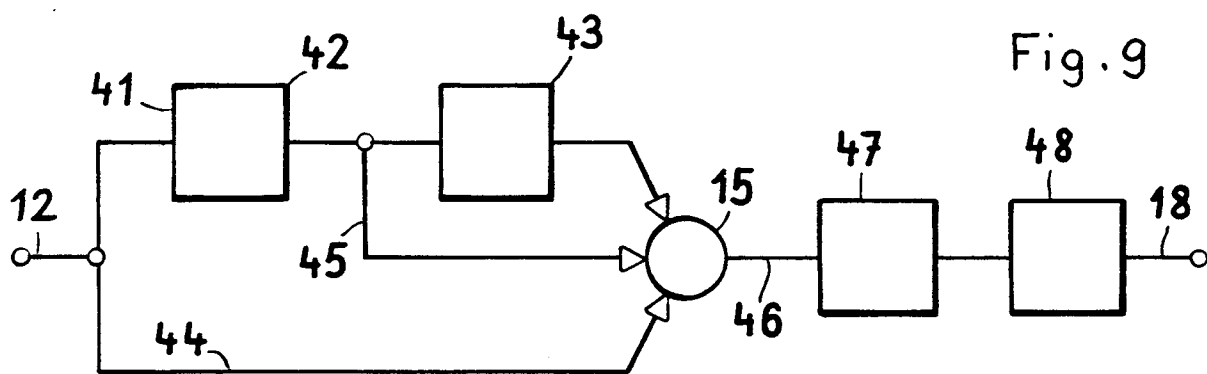
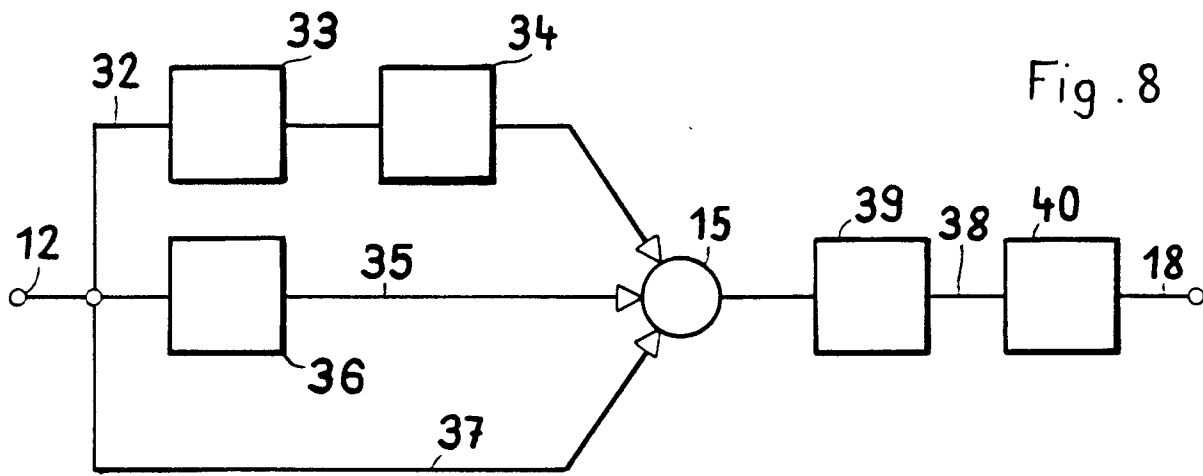
Ebenso laesst sich die Schaltung 7 zur Veraenderung der Charakteristik des Ausgangssignales mit bekannten digital arbeitenden Mitteln aufbauen und damit lassen sich die Charakteristiken auch digital erzeugen.

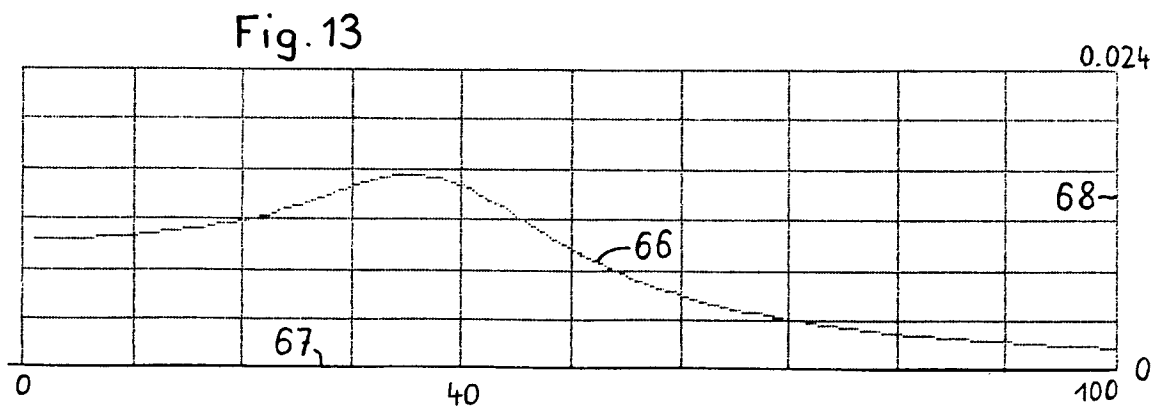
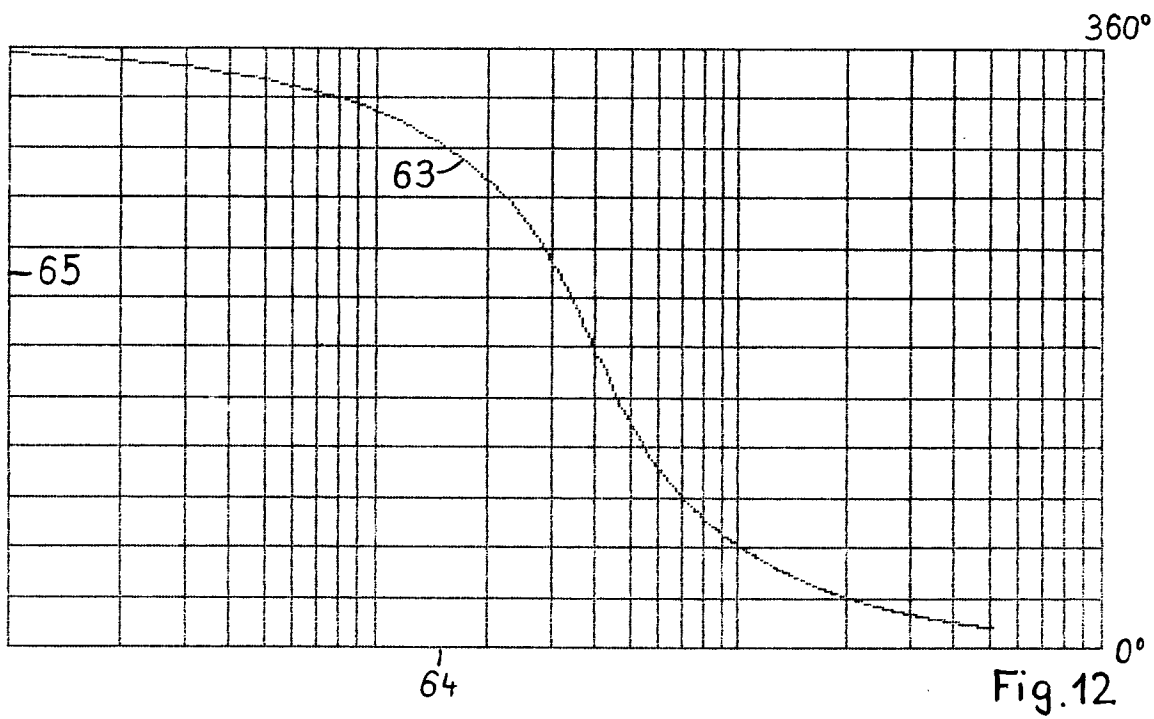
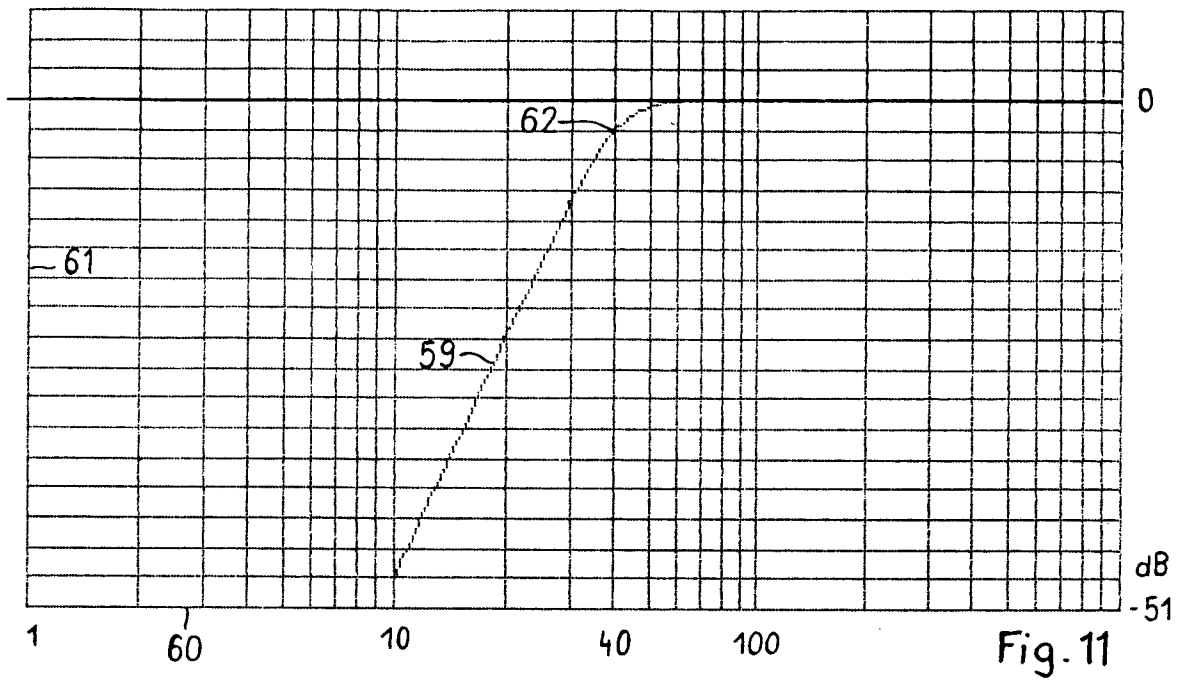
Patentansprüche

1. Verstaerkereinheit (1) zur Speisung einer elektrodynamischen Lautsprechereinheit (2), die in einem Gehaeuse (3) zusammen mit einer Vorrichtung (5) angeordnet ist, die an die Rueckseite der Lautsprechereinheit angekoppelt ist und die Schallenergie in einem begrenzten Frequenzbereich derjenigen Energie gleichpolig addiert, die von der Vorderseite der Lautsprechereinheit direkt abgegeben wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstaerkereinheit (1) eine negative Ausgangsimpedanz (10) aufweist, dass die Lautsprechereinheit zusammen mit der Vorrichtung (5), einem Verstaerker (9) und einem Integrierer (8) ein Ausgangssignal mit einer ersten Charakteristik (69, 70, 71) abgibt und dass die Verstaerkereinheit (1) eine Schaltung (7) aufweist, die ein Eingangssignal gemaess einer zweiten Charakteristik (72, 73, 74) veraendert, die zur ersten Charakteristik mindestens annaehernd invers verlaeuft.
2. Verstaerkereinheit nach Anspruch 1, dadurch-gekennzeichnet, dass die Schaltung (7) als Filter ausgebildet ist.
3. Verstaerkereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstaerker (9) eine negative Ausgangsimpedanz aufweist und so ausgebildet ist, dass die negative Ausgangsimpedanz mindestens ueber zwei Oktaven oberhalb der Resonanzfrequenz der Lautsprechereinheit (2) wirksam ist.
4. Verstaerkereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Charakteristik (69, 70, 71) durch Berechnung ausgehend von einer elektrischen Ersatzschaltung (22) fuer die Lautsprechereinheit (2) mit Gehaeuse (3), Vorrichtung (5) und Verstaerker (9) ermittelt wird.
5. Verstaerkereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung (7) mit dem Integrierer (8) und dem Verstaerker (9) in Serie geschaltet ist.









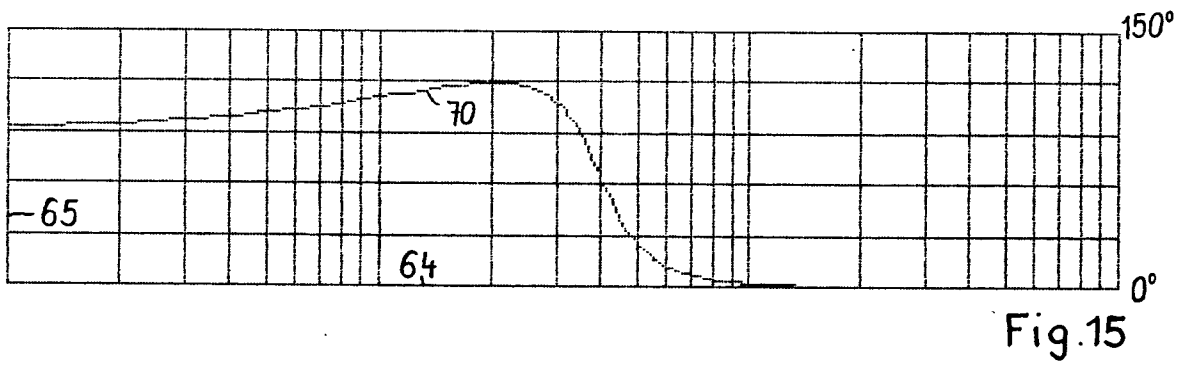
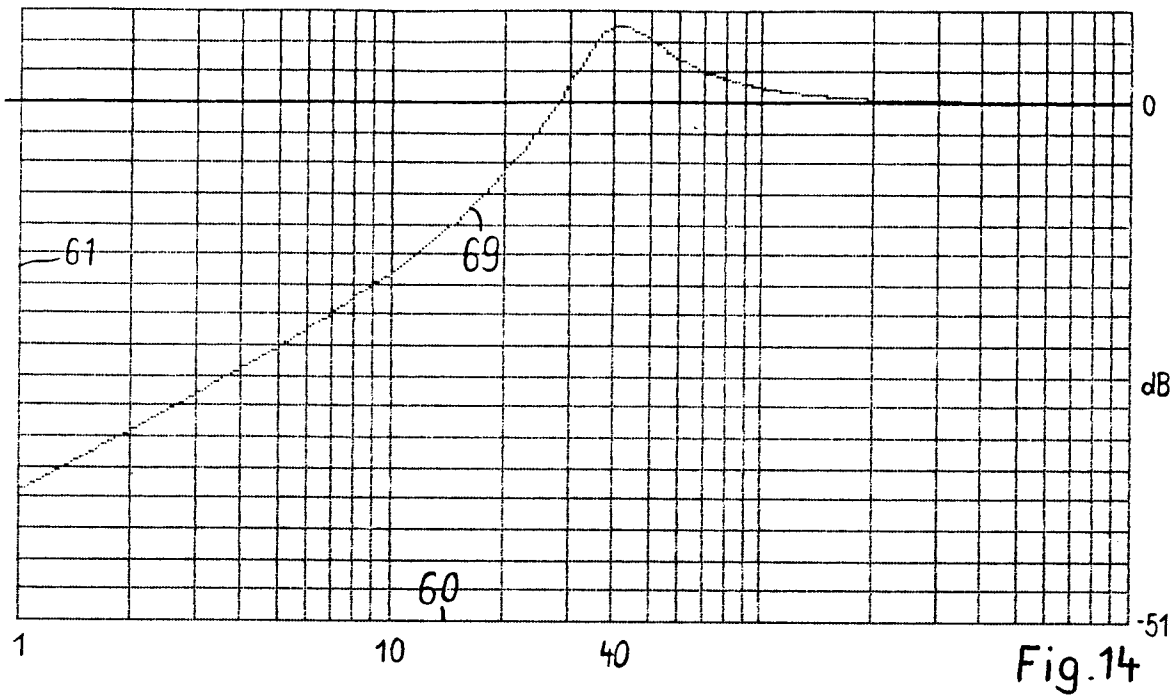
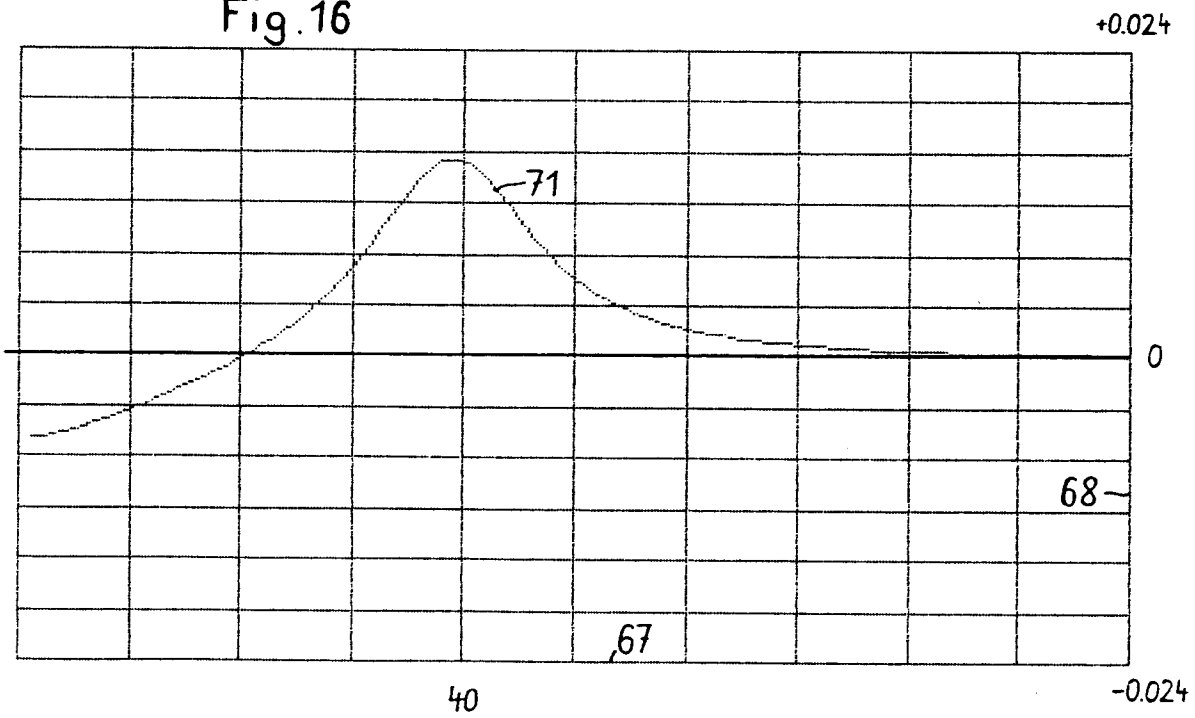


Fig. 16



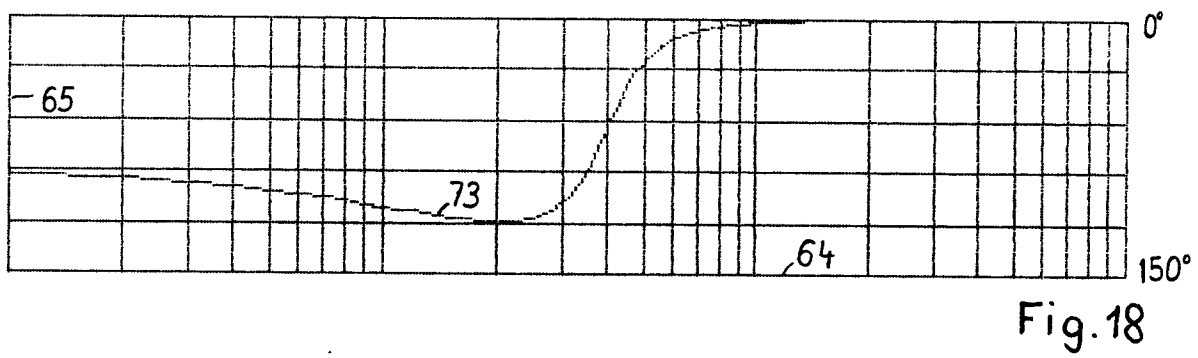
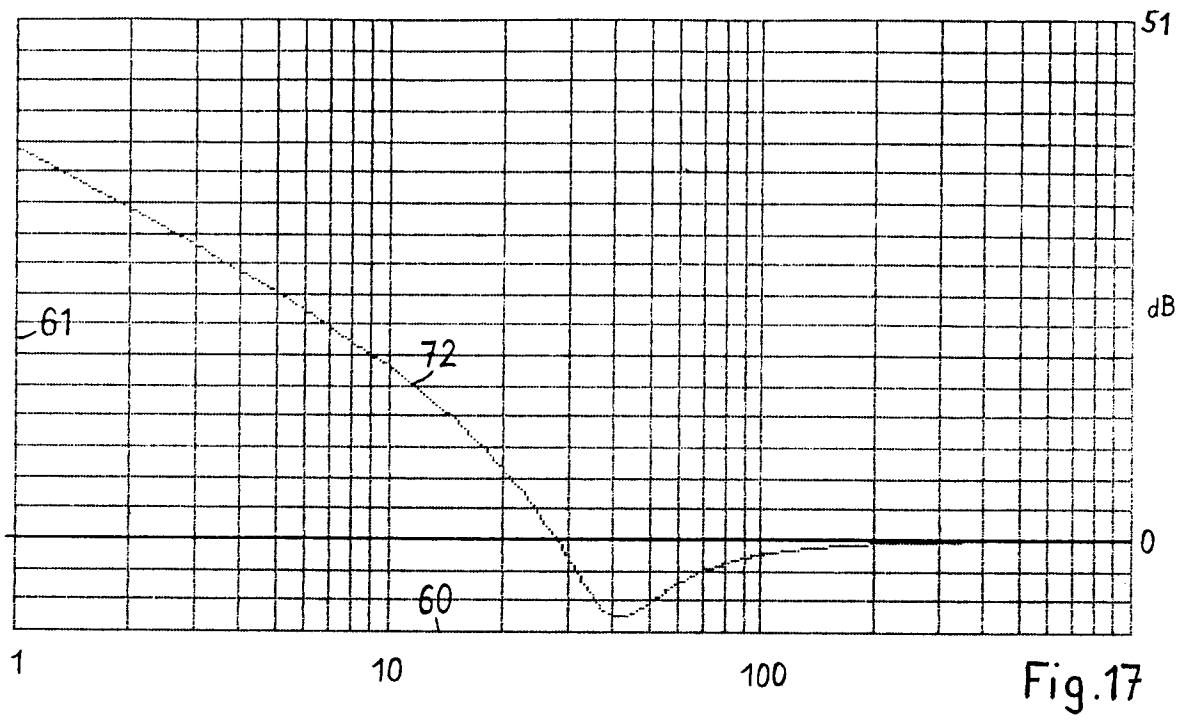
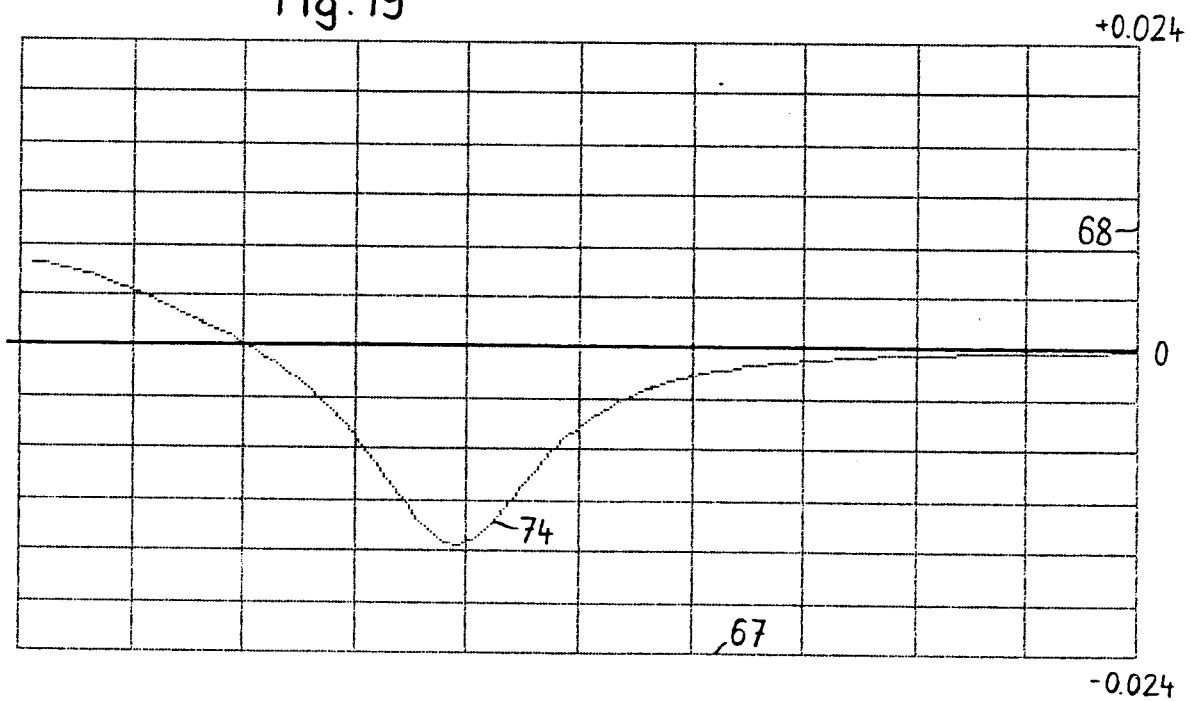


Fig. 19





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 4737

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	EP-A-0 334 217 (YAMAHA) — — —	1	H 04 R 3/04 H 04 R 1/28
A	EP-A-0 334 217 (* Spalte 1, Zeile 51 - Spalte 2, Zeile 15 *) * Spalte 4, Zeile 50 - Spalte 6, Zeile 32 ** — — — — —	2-5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H 04 R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 08 Januar 92	Prüfer ZANTI P.V.L.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			