



0 366 109
A2

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑤ Int. Cl.5: **H04R 3/04**

②② Anmeldetag: 25.10.89

71 Anmelder: **Standard Elektrik Lorenz
Aktiengesellschaft**
Lorenzstrasse 10
D-7000 Stuttgart 40(DE)

84 **DE**

Anmelder: **ALCATEL N.V.**
Strawinskylaan 341 (World Trade Center)
NL-1077 XX Amsterdam(NL)

84 FR GB NL SE

72 Erfinder: Walker, Michael
Ringstrasse 6
D-7066 Baltmannsweiler 2(DE)

74 Vertreter: Gähr, Hans-Dieter, Dipl.-Ing. (FH) et al
Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und
Lizenzwesen Postfach 30 09 29
D-7000 Stuttgart 30(DE)

54 Verfahren und Vorrichtung zur Linearisierung des Frequenzganges eines Lautsprechersystems.

57) Der Frequenzgang von Lautsprechersystemen läßt sich durch die Spannungsgegenkopplung in einfacher Weise linearisieren. Reine Spannungsgegenkopplungen haben jedoch den Nachteil, daß mechanische Resonanzerscheinungen des Lautsprechersystems nur unvollkommen kompensiert werden. Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei welchen das Rückkopplungssignal aus der Impedanz des Lautsprechersystems gewonnen wird. Als Maß für die Impedanz des Lautsprechersystems dient der durch das Lautsprechersystem fließende Strom. Das der Impedanz entsprechende Signal gelangt nach Filterung auf den Eingang des Leistungsverstärkers zurück.

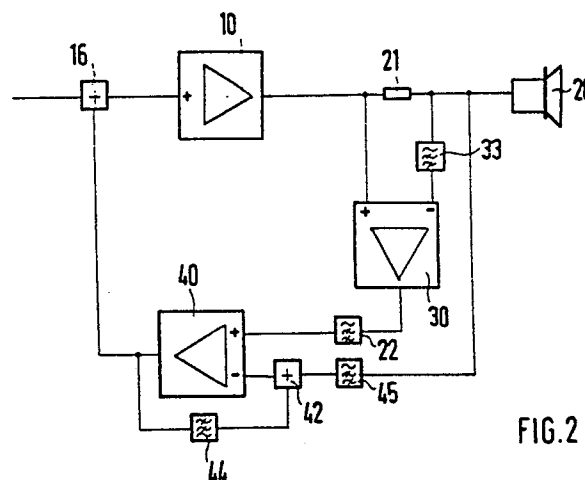


FIG.2

Verfahren und Vorrichtung zur Linearisierung des Frequenzganges eines Lautsprechersystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Linearisierung des Frequenzganges eines Lautsprechersystems, insbesondere zur Unterdrückung von Resonanzerscheinungen.

Aus der DE-OS 36 37 666 ist ein Phasen- und Amplituden geregelter Lautsprecher mit beliebig vielen Wegen bekannt. Ziel dieser Regelung ist es, den Frequenzgang (Phase + Amplitude) eines Schallwandlers zu linearisieren. Der Schallwandler kann dabei ein einzelner Lautsprecher, aber auch eine aus mehreren Lautsprechern bestehende Anordnung sein. Der Regelkreis besteht aus den Elementen Leistungsverstärker, passive Frequenzweiche, Summierverstärker und einem oder mehreren Lautsprechern. Regelgröße ist die die Lautsprecher steuernde Spannung, die am Eingang des Leistungsverstärkers gegengekoppelt wird. In der Rückführung befindet sich ein mit einem Rückkopplungsnetzwerk beschalteter Operationsverstärker. Die Regelgröße kann auch aus anderen Gebern abgeleitet werden (siehe Figur 1 der Offenlegungsschrift).

Der bekannte geregelte Lautsprecher hat den Nachteil, daß hier lediglich eine Spannungsgegenkopplung vorgenommen wird, die auf die Eigendynamik des Lautsprechers wenig Einfluß hat. Wird ein Lautsprecher bspw. mit einer Frequenz betrieben, die sehr nahe an einer Resonanzstelle des Lautsprechergehäuses liegt, so ändert sich die vom Lautsprecher abgestrahlte Leistung sehr stark, was sich aber in der Ansteuerspannung kaum bemerkbar macht. Unter solchen Betriebsbedingungen wirkt die bekannte Regelung nur wenig.

Aufgabe der Erfindung ist es, den Frequenzgang eines Lautsprechers oder Lautsprechersystems so zu linearisieren, daß der Einfluß mechanischer Resonanzen, verursacht durch die geometrischen Abmessungen des Gehäuses, kompensiert wird. Die vom Lautsprecher oder Lautsprechersystem abgestrahlte Leistung soll frequenzunabhängig werden. Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit der Merkmalskombination des 1. Verfahrensanspruches und eine Vorrichtung mit der Merkmalskombination des 1. Vorrichtungsanspruches.

In den Unteransprüchen sind weitere Ausgestaltungen der Erfindung enthalten.

Verfahren und Vorrichtung gemäß der Erfindung haben den Vorteil, daß als Regelgröße nicht die von einem Leistungsverstärker abgegebene Spannung, sondern die Impedanz des Lautsprechersystems herangezogen wird. Die Impedanz eines Lautsprechersystems zeigt in der Nähe mechanischer Resonanzstellen scharfe Peaks, wobei es unerheblich ist, ob es sich um Eigenresonanzen

des Lautsprechers oder um solche des Gehäuses handelt. Als Maß für die Impedanz des Lautsprechersystems dient der durch das Lautsprechersystem fließende Strom. Die vom Lautsprechersystem abgestrahlte Leistung wird durch eine Steuerung des durch das Lautsprechersystem fließenden Stromes geregelt (Stromgegenkopplung)

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß durch Rückkopplung eines gefilterten, zur Impedanz des Lautsprechersystems proportionalen Signals der Frequenzgang auch für andere Frequenzbereiche, vor allem für Frequenzen unterhalb von 200 Hz, linearisiert oder in einen gewünschten Verlauf gebracht wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden beschrieben und anhand der Figuren 1 bis 3 näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a den Schalldruck eines idealisierten Lautsprechers in Abhängigkeit von der Frequenz;

Fig. 1b den Schalldruck eines realen Lautsprechers in Abhängigkeit von der Frequenz;

Fig. 1c den Schalldruck eines Lautsprechers in Abhängigkeit von der Frequenz; Anhebung von Tiefen und Höhen;

Fig. 2 das Schaltungsprinzip zur Regelung der von einem Schallwandler abgestrahlten Leistung;

Fig. 3 ein Schaltungsbeispiel nach Figur 2.

Schallwandler, im folgenden auch Lautsprechersysteme genannt, sollen bei Ansteuerung mit konstanter elektrischer Leistung in einem großen Frequenzbereich eine von der Frequenz unabhängige akustische Leistung abstrahlen. In Fig. 1 ist der Schalldruck p eines idealisierten Lautsprechers über der Frequenz f aufgetragen. Der Schalldruck p ist für einen großen Frequenzbereich unabhängig von der Frequenz (Bezugszeichen 1). Kurve 2 in Figur 1b gibt den Schalldruck eines realen Lautsprechersystems abhängig von der Frequenz wieder. Bei den mit 3 und 4 bezeichneten Frequenzen treten mechanische Resonanzen des Lautsprechersystems auf. In der Nähe einer solchen Resonanzstelle fällt der Schalldruck zunächst stark ab, durchläuft dann ein Minimum, übersteigt anschließend den gewünschten Wert und fällt dann auf den gewünschten Wert zurück. Schalldruckkurven wie die Kurve 2 in Fig. 1b sind für Schallwandler unerwünscht.

In Fig. 1c ist mit 1 wiederum der Schalldruck eines (idealen) Lautsprechers abhängig von der Frequenz wiedergegeben. Maßnahmen, die im Zusammenhang mit Fig. 2 besprochen werden, bewirken, daß die tiefen Frequenzen angehoben werden (5) und die obere Grenzfrequenz weiter hinausgeschoben wird (6).

Fig. 2 zeigt das Schaltungsprinzip zur Regelung der von einem Schallwandler abgestrahlten Leistung. Mit 10 ist ein Leistungsverstärker bezeichnet, der eine zur Ansteuerung eines Lautsprechersystems 20 erforderliche elektrische Leistung erzeugt. Der durch das Lautsprechersystem 20 fließende Strom wird mit Hilfe eines Meßwiderstandes 21 gemessen. Das am Meßwiderstand 21 liegende Spannungssignal wird einem mit 30 bezeichneten ersten Operationsverstärker zugeführt. Mit 33 ist ein Hochpaß bezeichnet, der die am Lautsprechersystem 20 liegende Spannung mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 verbindet. Ein zweiter Operationsverstärker 40 verstärkt ein Differenzsignal, das aus dem Ausgangssignal des Operationsverstärkers 30 und der am Lautsprechersystem liegenden Spannung gebildet wird. Ausgang des Operationsverstärkers 30 und des nicht invertierenden Eingangs des Operationsverstärkers 40 sind über einen dritten Hochpaß 22 miteinander verbunden. Das Spannungssignal wird über einen zweiten Hochpaß 45 und einen Addierer 42 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 40 gegeben. Im Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers 40 liegt ein Tießpaß 44, der im Summationspunkt 42 dem aus dem Hochpaß 45 stammenden Signal überlagert wird. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 40 wird in einem Addierer 16 zu einer zu verstärkenden niederfrequenten Spannung addiert und auf den Eingang des Leistungsverstärkers 10 gegeben. Die gesamte Schaltung stellt eine Stromgegenkopplung dar und arbeitet wie folgt: Der das Lautsprechersystem 20 antreibende Strom erzeugt im Meßwiderstand 21 einen Spannungsabfall, der durch den Operationsverstärker 30 verstärkt wird. Der Verstärkungsfaktor des Verstärkers 30 ist so gewählt, daß seine Ausgangsspannung in Betriebszuständen, in denen keine mechanischen Resonanzen im Lautsprechersystem 20 auftreten, nach Betrag und Phase der Spannung am Lautsprechersystem gleich ist. Die Spannung am Lautsprechersystem gelangt über den zweiten Hochpaß 45 auf den invertierenden Eingang des Verstärkers 40, die Ausgangsspannung des Verstärkers 30 über den Hochpaß 22 auf den nicht invertierenden Eingang des Verstärkers 40. Im Normalfall ist damit das Ausgangssignal des Operationsverstärkers 40 gleich Null.

Im Resonanzfall schwingt das System mit wesentlich geringerer Leistungsaufnahme, die sich ergebende meßbare elektrische Impedanz der Schwingspule erhöht sich aber - Resonanzüberhöhung beim Parallelschwingkreis. Die das Lautsprechersystem antreibende Spannung bleibt gleich, während der Strom durch das Lautsprechersystem stark abnimmt, d.h. mit anderen Worten, das Eingangssignal des Operationsver-

stärkers 30 wird kleiner. Infolgedessen liegt jetzt am Operationsverstärker 40 ein Differenzsignal an, das ungleich Null ist. Dieses Signal wird vom Operationsverstärker 40 verstärkt und im Summationspunkt 16 der zu verstärkenden niederfrequenten Spannung überlagert. Bei geeigneter Wahl der Hochpässe 22, 33 und 45 überlagern sich die beiden Signale so, daß die vom Lautsprechersystem abgestrahlte Schalleistung konstant bleibt. Durch die beschriebenen Maßnahmen wird das Impulsverhalten des Lautsprechersystems ebenfalls verbessert, da die durch Impulse angeregten mechanischen Schwingungen infolge der Gegenkopplung schnell gedämpft werden.

Das in Fig. 2 dargestellte Schaltungsprinzip hat jedoch noch einen weiteren Vorteil. Häufig fehlen bei der Verwendung kostengünstiger Schallwandler die tiefen Frequenzen unterhalb 200 Hz im Wiedergabespektrum. Der Schalldruck läßt bei Frequenzen unterhalb von 200 Hz deutlich nach, wodurch die Wiedergabe grell klingt. Die Impedanz des Lautsprechersystems nimmt bei diesen Frequenzen ebenfalls ab. Wird die untere Grenzfrequenz des Hochpaßfilters 45 höher gewählt als die des Filters 22, so tritt unterhalb der Grenzfrequenz im Korrektursignal eine Phasendrehung von 180° auf, die eine Mitkopplung in diesem Frequenzbereich bewirkt (vgl. Fig. 1c, 5). Durch diese Maßnahme kann das Schallabstrahlungsverhalten des Lautsprechersystems bei tiefen Frequenzen verbessert werden. Mit Hilfe des Filters 44 läßt sich das Schallabstrahlungsverhalten bei hohen Frequenzen beeinflussen (vgl. Fig. 1c, 6).

Fig. 3 zeigt ein Schaltungsbeispiel für das Prinzipschaltbild nach Fig. 2. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen die gleichen Elemente wie in Fig. 1. Auf die Darstellung aller Einzelheiten der Schaltung wird hier verzichtet, da der Kern der Erfindung nicht im Aufbau der Schaltung sondern im benutzten Prinzip liegt. Von Bedeutung ist, daß es sich beim Operationsverstärker 30 um einen symmetrisch aufgebauten Verstärker handelt. D.h., daß die Widerstände 35 und der im Hochpaß 33 liegende Widerstand gleich sind, und daß die beiden Widerstände 34 und 36 einander gleich sind.

Ansprüche

1. Verfahren zur Linearisierung des Frequenzganges eines Lautsprechersystems, insbesondere zur Unterdrückung von Resonanzerscheinungen, bei dem einem Eingangssignal eines das Lautsprechersystem ansteuernden Leistungsverstärkers ein Korrektursignal überlagert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Korrektursignal aus der Impedanz des Lautsprechersystems abgeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch ge-

kennzeichnet, daß aus einem durch das Lautsprechersystem fließenden Strom ein erstes Signal erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Korrektursignal durch Filterung aus dem ersten Signal gewonnen wird. 5

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Filter Hoch- und/oder Tiefpaßfilter verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterkoeffizienten der Filter abhängig vom Lautsprechersystem wählbar sind. 10

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Eingangssignal und Korrektursignal additiv überlagert werden. 15

7. Vorrichtung zur Linearisierung des Frequenzganges eines Lautsprechersystems, insbesondere zur Unterdrückung von Resonanzerscheinungen, mit einem das Lautsprechersystem ansteuerenden Leistungsverstärker, dadurch gekennzeichnet, daß der Leistungsverstärker und das Lautsprechersystem über einen Meßwiderstand miteinander verbunden sind. 20

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine am Meßwiderstand auftretende Spannung Eingangssignal eines ersten Operationsverstärkers ist. 25

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Operationsverstärker eine Differenz aus der am Lautsprechersystem liegenden Spannung und der Ausgangsspannung des ersten Operationsverstärkers bildet. 30

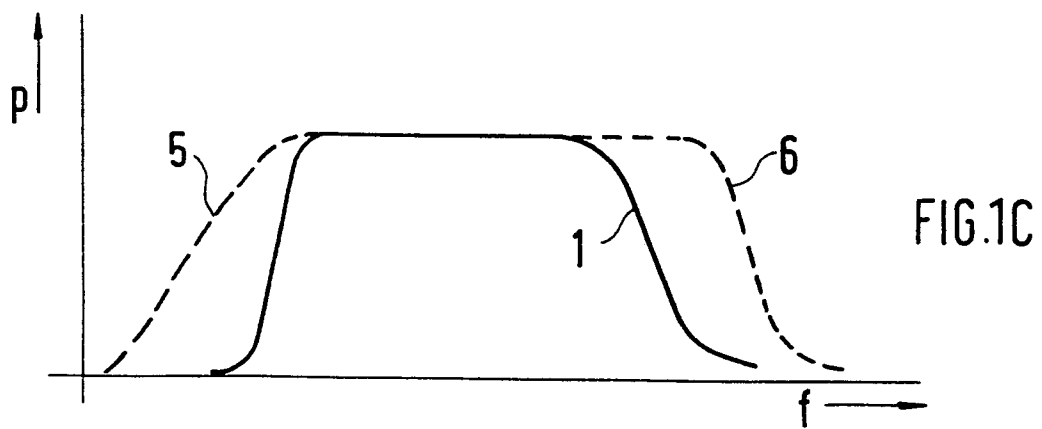
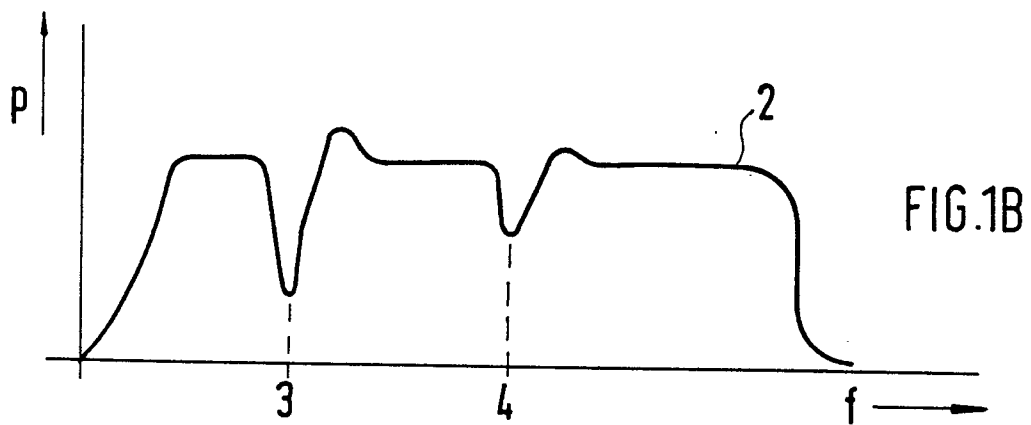
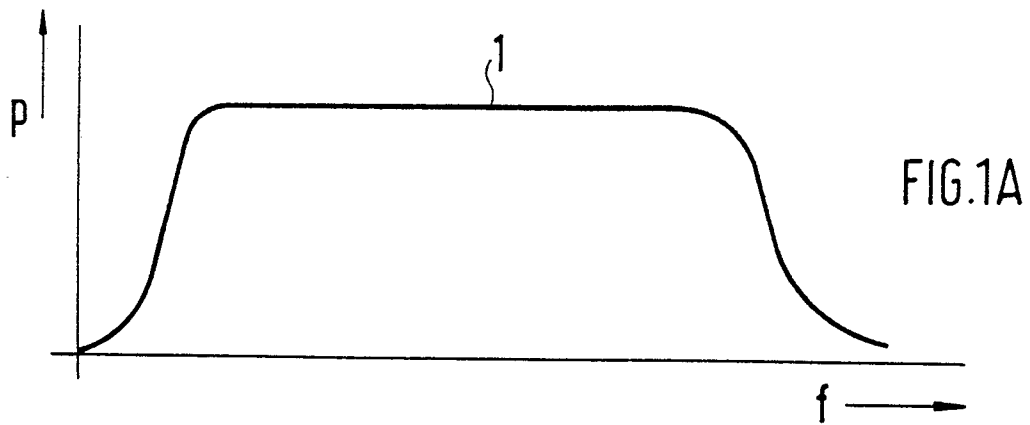
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die am Meßwiderstand auftretende Spannung über einen ersten Hochpaß mit dem invertierenden Eingang des ersten Operationsverstärkers verbunden ist. 35

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des ersten Operationsverstärkers über einen dritten Hochpaß mit dem nicht invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers verbunden ist. 40

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die am Lautsprecher liegende Spannung über einen zweiten Hochpaß auf den invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers gegeben wird. 45

13. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstandswert des Meßwiderstandes um ein bis zwei Zehnerpotenzen kleiner als die Impedanz des Lautsprechersystems ist. 50

55



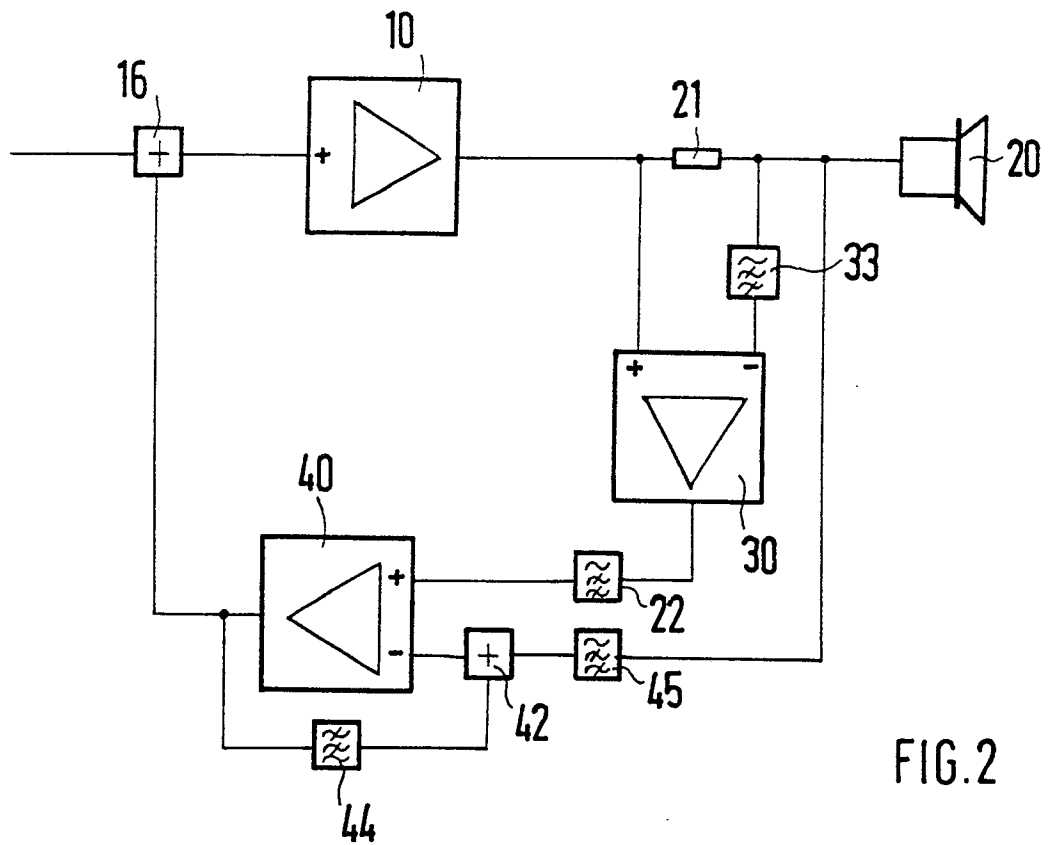


FIG. 2

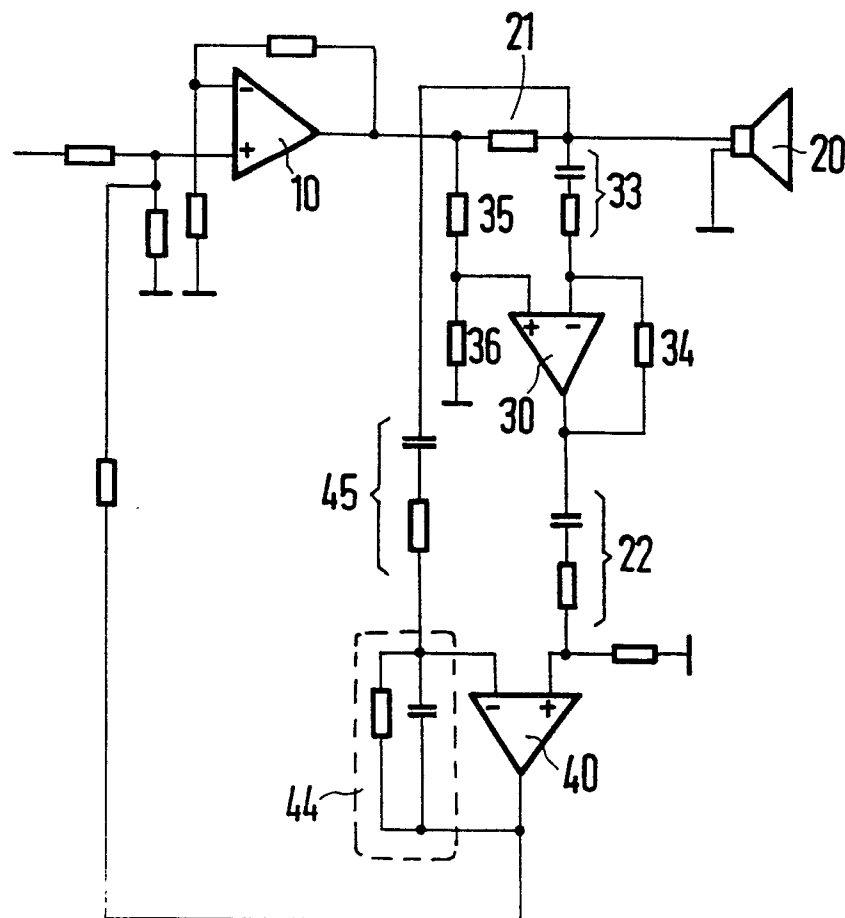


FIG. 3