Octrooiraad

(12) A **Terinzagelegging** (11) **8500595**

Nederland (19) **NL**

(54) **Inrichting voor het voorkomen van rinkelen of rondzingen.**

(51) Int.Cl⁴.: H04R 3/02, H04R 27/00.

(71) Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

(74) Gem.: Ir. P.J.P.G. Simons c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

(21) Aanvrage Nr. 8500595.

(22) Ingediend 4 maart 1985.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 3 februari 1986.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Inrichting voor het voorkomen van rinkelen of rondzingen.

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het versterken van een elektrisch signaal, met een versterkereenheid, met een ingang gekoppeld met een ingangsklem van de inrichting en een uitgang gekoppeld met een elektro-mechanische omzetter, en op een versterkereenheid te gebruiken in de inrichting.

De inrichting van de in de aanhef genoemde soort kan bij voorbeeld zijn bedoeld voor het versterken van een akoestisch signaal, waarbij een mikrofoon is gekoppeld met de ingangsklem, en de elektro-mechanische omzetter een luidspreker is. Een dergelijke inrichting is bekend uit het Duitse Gebrauchsmuster nr. 1.753.247. Het Gebrauchsmuster beschrijft een inrichting in de vorm van een megafoon.

Dergelijke inrichtingen worden of in het open veld of in zalen gebruikt voor het versterken van muziek en/of spraak. Het probleem dat zich daarbij voor kan doen is dat de inrichting, indien de versterking te groot gekozen wordt, gaat rondzingen vanwege de akoestische terugkoppeling of (indien de mikrofoon en de luidspreker in een mechanische eenheid zijn opgenomen) een mechanische terugkoppeling van de luidspreker naar de mikrofoon. Doch ook kan de versterking zodanig groot zijn dat nog net geen rondzingen optreedt, doch dat al wel een kleuring van het versterkte signaal ontstaat. Men noemt dit fenomeen: rinkelen.

Ook een kombinatie van een akoestische en een mechanische terugkoppeling kan een oorzaak van rinkelen of rondzingen zijn.

De uitvinding beoogt nu een inrichting te verschaffen waarbij de versterking in principe zo groot gekozen kan worden als wenselijk is, zonder dat er een grote kans is op rinkelen of rondzingen.

De inrichting volgens de uitvinding heeft daartoe het kenmerk, dat de versterkereenheid een versterker met een terugkoppelketen van uitgang naar ingang bevat voor het terugvoeren van een uitgangssignaal van de versterker als tegenkoppelsignaal, en dat de terugkoppelketen een overdracht bezit die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de elektro-mechanische omzetter. Voor een

inrichting voor het versterken van een akoestisch signaal houdt deze maatregel in dat de terugkoppelketen een overdracht bezit die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de luidspreker en de mikrofoon. Ontstaat het rinkelen of rondzingen ten gevolge van een akoestische terugkoppeling tussen luidspreker en mikrofoon dan komt de genoemde overdracht overeen met de overdracht van de uitgang van de versterker via de luidspreker, de akoestische weg van de luidspreker naar de mikrofoon, en de mikrofoon, naar de ingang van de versterker.

Ontstaat het rinkelen of rondzingen ten gevolge van een mechanische terugkoppeling van luidspreker naar mikrofoon (denk hierbij aan de toepassing in hoorapparaten) dan komt de genoemde overdracht overeen met de overdracht van de uitgang van de versterker via de luidspreker, de mechanische weg van de luidspreker naar de mikrofoon, en de mikrofoon, naar de ingang van de versterker.

In al deze gevallen wordt bereikt dat (in het ideale geval) de rondgaande versterking tot nul is gereduceerd, zodat het uitgangssignaal van de luidspreker gelijk is geworden aan het (gewenste) ingangssignaal van de mikrofoon gekonvolueerd met de impulsresponsies van mikrofoon, versterker en luidspreker.

De uitvinding is bij voorbeeld ook toepasbaar in een platenspeler, waarbij een uitgang van een groeftaster is gekoppeld met de ingangsklem van de inrichting, en de elektro-mechanische omzetter een luidspreker is die mechanisch is gekoppeld met het huis van de platenspeler. In dat geval dient de terugkoppelketen een overdracht te bezitten die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de luidspreker, de mechanische weg van de luidspreker naar de groeftaster, en de groeftaster. Op deze wijze wordt de mechanische terugkoppeling tussen luidspreker en groeftaster tot (praktisch) nul gereduceerd.

Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat er sprake moet zijn van een mechanische terugkoppeling (via de mechanische trillingen van een behuizing) en/of van een akoestische terugkoppeling. In het eerste geval is voor het bepalen van de overdracht in de terugkoppelketen de elektro-mechanische overdracht van de omzetter van belang. Voor een elektro-mechanische omzetter in de vorm van een luidspreker is dit de overdracht van het elektrisch ingangssignaal van de omzetter naar de mechanische trillingen van de omzetter, bij voorbeeld

van de spreekspoel of van het chassis van de omzetter. Het spreekt natuurlijk voor zich dat ook andere soorten elektro-mechanische omzetters, dan luidsprekers mogelijk zijn. In het geval van de akoestische terugkoppeling gaat het dus om de overdracht van het elektrisch ingangssignaal van de omzetter naar het akoestisch uitgangssignaal van de omzetter, bij voorbeeld de geluidsdruk (van de luidspreker).

Daar de akoestische of mechanische terugkoppeling (en daarmee de overdracht van deze weg) kan veranderen, kan een eenmaal goed ingestelde inrichting uit balans raken en kan er bijgevolg toch rinkelen of rondzingen optreden. Dit veranderen van de overdracht van de weg is vooral in de akoestische toepassing erg duidelijk, bij voorbeeld doordat de temperatuur in de ruimte verandert, of doordat de spreker op een andere plaats voor de mikrofoon gaat staan.

Om de inrichting voor deze veranderingen te laten korrigeren maakt men de inrichting zelfregelend. De terugkoppelketen zou men daartoe kunnen voorzien van een adaptief filter. Een dergelijk filter regelt zichzelf bij totdat het, bij een gewijzigde overdrachtsweg (tussen luidspreker en mikrofoon), weer een overdrachtsfunktie bezit die voldoet aan de bovenvermelde eis. Het adaptieve filter konvergeert naar de gewenste overdrachtsfunktie. Is daarbij de konvergentiesnelheid voldoende groot en de nauwkeurigheid voldoende hoog dan is een goede adaptieve regeling mogelijk, ook nog bij grote versterkingswaarden van de versterker.

Het zij vermeld dat tegengekoppelde versterkers bekend zijn, zie bij voorbeeld "Instrumentele elektronica" van Klein en Zaalberg van Zelst, Philips' technische Bibliotheek, Centrex Eindhoven § 23 Vervorming, p. 147-151. Het doel van de tegenkoppeling is hier:vervormingsreduktie in het uitgangssignaal van de versterker.

De versterkereenheid wordt bij voorkeur digitaal uitgevoerd en in de vorm van een geïntegreerd circuit gerealiseerd.

De uitvinding zal aan de hand van de hierna volgende figuurbeschrijving, waarin gelijke referentiecijfers in de diverse figuren dezelfde elementen aangeven, nader worden uiteengezet. Hierin toont:

figuur 1 een eerste uitvoeringsvoorbeeld van de inrichting,

figuur 2 een elektrisch vervangingsschema van de situatie in figuur 1,

figuur 3 een tweede uitvoeringsvoorbeeld,

figuur 4 een beschrijving van een adaptief filter,

figuur 5 een derde, en

figuur 6 een vierde uitvoeringsvoorbeeld.

Figuur 1 toont de inrichting 1 opgenomen in een ruimte 2. De ruimte 2 kan al dan niet afgesloten zijn. Hierbij valt te denken aan stadions, leeszalen of theaterzalen. De inrichting 1 bevat een mikrofoon 3, een versterkereenheid 4 met een ingang 5 gekoppeld met de mikrofoon en een uitgang 6 gekoppeld met een luidspreker 7. De versterkereenheid 4 bevat een versterker 8 die is teruggekoppeld. De uitgang 9 van de versterker 8 is daardoor via de terugkoppelketen 10 gekoppeld met de ingang 11 van de versterker 8. De terugkoppelketen 10 bevat het element 12 met een overdrachtsfunktie (ook wel filterkarakteristiek genoemd) H_f, en de signaalkombineereenheid 13. De uitgang 14 van het element 12 is gekoppeld met de minus-ingang van de eenheid 13. De ingang 5 van de versterkereenheid 4 is via de plus-ingang van de eenheid 13 gekoppeld met de ingang 11 van de versterker 8. De versterker 8 heeft een versterkingsfaktor A.

Een gewenst akoestisch signaal s wordt aan de mikrofoon 3 aangeboden. Dit wordt in de versterkereenheid 4 versterkt en aangeboden aan de luidspreker die het elektrische signaal weer in een akoestisch signaal omzet. Via allerlei akoestische wegen (bij voorbeeld door reflekties van het akoestische signaal aan een of meer wanden van de ruimte of rechtstreeks) komt dit signaal weer bij de mikrofoon. Deze akoestische overdracht(sweg) is in figuur 1 schematisch aangegeven door middel van de onderbroken lijn 15.

In figuur 2 is het elektrisch vervangingsschema van de situatie in figuur 1. Het element 20, gekoppeld met de uitgang 6 van de versterkereenheid 4, beschrijft de overdracht H_l van het elektrische signaal naar een akoestisch signaal in de luidspreker 7. Het element 21 beschrijft de overdracht H_a van de akoestische weg 15 van de luidspreker 7 naar de mikrofoon 3. De opteller 22 geeft aan dat het gewenste akoestische signaal s en het akoestische signaal van de luidspreker opgeteld worden en vervolgens in de mikrofoon 3 - overeenkomende met het element 23 met overdracht H_m - weer worden omgezet in een elektrisch signaal. De uitgang van het element 23 is weer gekoppeld met de ingang 5 van de versterkereenheid 4.

De volgende vergelijkingen gelden voor het schema van figuur 2,

$$y = Ax \tag{1}$$

$$x = H_m s + H_m H_a H_l y - H_f y \tag{2}$$

Vergelijking (2) ingevuld in vergelijking (1) levert:

$$y = \frac{AH_m s}{1 + H_f - H_m H_a H_l} \tag{3}$$

Uit vergelijking (3) volgt dat, indien

$$H_f = H_m H_a H_l, \tag{4}$$

dan is

$$y = AH_m s \tag{5a}$$

ofwel

$$z = AH_m H_l s \tag{5b}$$

met andere woorden, de rondgaande versterking is gereduceerd tot nul terwijl het uitgangssignaal y of z van de versterkereenheid 4 respektievelijk de luidspreker 7 enkel afhankelijk is van de overdrachten van mikrofoon en versterker (en voor het signaal z ook van de overdracht van de luidspreker) en daarmee lineair afhankelijk van het ingangssignaal s.

Uit formule (4) volgt dus dat dit gerealiseerd kan worden indien men de overdracht H_f van de tegenkoppelketen 10 - daarmee wordt bedoeld de overdracht van de uitgang 9 van de versterker naar de ingang 11 van de versterker 8 - gelijk kiest aan de overdracht $H_m H_a H_l$ van de uitgang 9 van de versterker 8 via de luidspreker 7, de akoestische weg 15, de mikrofoon 3 en de signaalkombineereenheid 13, naar de ingang 11 van de versterker 8. Zou de signaalkombineereenheid 13 niet alleen als aftrekker werken doch bovendien het signaal aan zijn plus-ingang en zijn min-ingang vermenigvuldigen met α respektievelijk β dan zou dit betekenen dat formule (4) verandert in

$$\beta H_f = \alpha H_m H_a H_l \tag{6}$$

In het voorgaande is aangenomen dat de versterker 8 een positieve versterkingsfaktor A bezit.

Nu kan het voorkomen dat, nadat de overdracht H_f van het

element 14 zodanig is ingesteld dat voldaan wordt aan formule (4) of formule (6) dat de akoestische weg 15 zich wijzigt, bij voorbeeld doordat een spreker op een andere plaats voor de mikrofoon gaat staan, of doordat de temperatuur in de ruimte verandert. Er wordt dan niet meer voldaan aan formule (4) of (6). Figuur 3 beschrijft een inrichting die hiervoor kan korrigeren doordat zij zelfregelend is. De versterkereenheid 30 bevat hier in de tegenkoppelketen 31 een adaptief filter 32. Het adaptieve filter heeft een regelingang 33 via welke het een regelsignaal over de leiding 34 krijgt toegevoerd. De leiding is gekoppeld met de ingang 11 van de versterker 8.

De werking van de inrichting van figuur 3 is zo dat het foutsignaal $\overline{x^2}$ (dat is het gemiddelde van het kwadraat van het ingangssignaal x van de versterker 8) voortdurend wordt geminimaliseerd door het uitvoeren van het adaptieve algoritme. Dit betekent dat het filter H_f konvergeert naar de overdrachtsfunktie $H_m H_1 H_a$. Ook bij een veranderende overdrachtsfunktie H_a zal het filter H_f dit volgen zodat dus voortdurend de rondgaande versterking minimaal gehouden wordt.

Indien het (elektronische) filter H_f een voldoend lang tijdsignaal kan verwerken, zie ook bij figuur 4, een voldoend hoge nauwkeurigheid bezit en een voldoend grote konvergentiesnelheid heeft, kan de versterkingsfaktor A in principe zo groot gekozen worden als wenselijk is.

Alhoewel adaptieve filtertechnieken vrij algemeen bekend zijn, zie bij voorbeeld "Adaptive antenna systems", Proc. of the I.E.E.E., vol 55, no 12, December 1967, p. 2143 en "Adaptive noise cancelling: principle and applications", Proc. of the I.E.E.E., vol 63, no 12, December 1975, p 1692, beide van B. Widrow et al, volgt hierna aan de hand van figuur 4 nog een korte uiteenzetting over deze technieken.

Figuur 4 toont een adaptief filter 32 in de vorm van een transversaal filter. y(i) is het ingangssignaal op het tijdstip i. Het filter heeft een schuifregister dat zo lang is dat N + 1 bemonsteringen van het signaal y daarin kunnen worden opgeslagen. Het mag duidelijk zijn dat we hier een digitaal filter voor ons hebben en met digitale signalen werken. u(i) is het uitgangssignaal van het filter dat verschijnt aan de uitgang 14. In de signaalkombineereenheid 13 wordt het signaal u(i) afgetrokken van het zogenaamde referentiesignaal r(i), waardoor een foutsignaal x(i) verkregen wordt. Er geldt dus:

$$u(i) = \sum_{l=0}^{N} w_l(i)y(i-l)$$

$$x(i) = r(i) - u(i) = r(i) - \sum_{l=0}^{N} w_l(i)y(i-l)$$

De werking van het filter is als volgt. De coëfficiënten w_l van het filter moeten zodanig ingesteld worden dat het uitgangssignaal u(i) van het filter zo goed mogelijk overeenstemt met het referentiesignaal r(i), m.a.w. het vermogen van het foutsignaal x (dat is $\overline{x^2}$) moet minimaal zijn. Dit betekent dat we moeten oplossen:

$$\frac{\partial \overline{x^2}}{\partial w_l} = 0 \qquad \text{voor alle } l \ (0 \leqslant l \leqslant N)$$

Dit leidt tot de zgn. Wiener-Hopf vergelijking:

$$\sum_{l=0}^{N} w_l \, \phi_{yy}(k-l) = \phi_{yr}(k) \quad \text{voor alle } k \ (0 \leqslant k \leqslant N)$$

waarbij ϕ_{yy} de autokorrelatiefunktie van y en ϕ_{yr} de kruiskorrelatiefunktie van y en r voorstelt.

Met andere woorden, als de korrelatiefunkties bekend zijn, bij voorbeeld uit metingen van de signalen y(i) en r(i), dan zijn de koëfficiënten w_l op te lossen, die dan toegevoerd kunnen worden aan het filter.

Als bijvoorbeeld geldt:

$$r(i) = \sum_{l=0}^{N} v_l y(i-l)$$

dan wordt

$$\phi_{yr}(k) = \sum_{l=0}^{N} v_l \phi_{yy}(k-l)$$

en de Wiener-Hopf vergelijking wordt:

$$\sum_{l=0}^{N} w_l \cdot \phi_{yy}(k-l) = \sum_{l=0}^{N} v_l \cdot \phi_{yy}(k-l) \qquad \text{voor alle } k$$

met als oplossing: $w_1 = v_1$ voor alle 1.

Een alternatief is om gebruik te maken van de kleinste gemiddelde kwadraten methode:

$$w_1(i) = w_1(i-1) - \mu . \frac{\partial \overline{x^2}}{\partial w_1}$$

waarbij μ een konstante is die de konvergentie-faktor voorstelt. Als schatting voor $\overline{x^2}$ kiezen we $x^2(i)$:

$$\frac{\partial (x^2(i))}{\partial w_1} = 2.x(i) \cdot \frac{\partial x(i)}{\partial w_1} = -2.x(i).x(i-1)$$

Dus het adaptieve algorithme wordt:

$$w_1(i) = w_1(i-1) + 2.\mu.x(i).x(i-1)$$

het kan bewezen worden dat dit algorithme konvergeert naar de Wiener-Hopf oplossing mits:

$$0 < \mu < \frac{1}{N.\overline{y^2}}$$

waar N = aantal taps v.h. filter minus één.

$\overline{y^2}$= vermogen v.h. ingangssignaal.

De konvergentiesnelheid is evenredig met $\mu.\overline{y^2}$, dus de maximaal haalbare snelheid is evenredig met 1/N, d.w.z. als de lengte van het transversale filter toeneemt dan neemt de haalbare konvergentie-snelheid af.

Figuur 5 toont een inrichting waarbij de mikrofoon 3 en de luidspreker 7 in een mechanische eenheid 45 zijn opgenomen. Een mikrofoon en een luidspreker in een mechanische eenheid is bij voorbeeld bekend uit het Amerikaanse oktrooischrift 4.361.727 (PHN 9341). Indien we aannemen dat er geen akoestische rondkoppeling de oorzaak van rondzingen of rinkelen kan zijn dan bestaat nog de mogelijkheid dat de mechanische trillingen die door de luidspreker 7 in de behuizing 46 van eenheid 45 worden opgewekt via de behuizing 46 in de mikrofoon 3 aanleiding geven tot een signaal dat weer wordt toegevoerd naar de versterker 8. Er bestaat dan een mogelijkheid van rinkelen of rondzingen via de mechanische weg 15' van de luidspreker 7 naar de mikrofoon 3.

Om dit te voorkomen dient men de overdracht H_f' in het element 14' zodanig te kiezen dat deze ten minste ongeveer overeenkomt

met de overdracht van de uitgang 9 van de versterker via de luidspreker 7, de mechanische weg 15' van de luidspreker 7 naar de mikrofoon 3, en de mikrofoon 3, naar de ingang 11 van de versterker 8.

Het spreekt natuurlijk voor zich dat, indien er zowel via de mechanische weg 15', als via de akoestische weg 15 (zie figuur 1) een rondkoppeling kan ontstaan, dat de overdracht H_f' dan zodanig gekozen wordt dat rekening gehouden wordt met de overdracht vanaf de luidspreker 7 naar de mikrofoon 3 via de twee parallelle overdrachtswegen 15 en 15'.

Figuur 6 toont schematisch een platenspeler 50, met een ingebouwde luidspreker 51. De groeftaster 52 is (via een niet getoonde elektrische verbinding) gekoppeld met de ingangsklem 53 van de inrichting. De mechanische trillingen van het huis 54 van de platenspeler 50, die worden veroorzaakt door de luidspreker 51 worden via het huis 54, de arm 55 en de draaitafel 56 overgebracht op de (naald van de) groeftaster 52, waardoor weer een elektrisch signaal gegenereerd wordt dat wordt toegevoerd aan de versterker 57. Om rondzingen te voorkomen dient de overdracht H_f'' dus hier ten minste ongeveer overeen te komen met de overdracht van de uitgang van de versterker 57, via de elektro-mechanische omzetting van de luidspreker 51, het huis 54, de mechano-elektrische omzetting van de groeftaster 52, naar de ingang van de versterker 57.

In de gevallen van figuur 5 en figuur 6 kan de overdracht H_f' en H_f'' weer door middel van een adaptieve regeling, zoals aan de hand van figuur 3 en 4 beschreven, worden gerealiseerd.

Het zij vermeld dat verschillende modifikaties mogelijk zijn bij de inrichtingen zoals beschreven in figuur 1, 3, 5 en 6, zonder dat wordt afgeweken van de uitvinding zoals gedefinieerd door de konklusies. Zo kan bij voorbeeld de versterkereenheid als een geïntegreerde schakeling worden uitgevoerd.

Konklusies:

1. Inrichting voor het versterken van een elektrisch signaal, met een versterkereenheid, met een ingang gekoppeld met een ingangsklem van de inrichting en een uitgang gekoppeld met een elektro-mechanische omzetter, met het kenmerk, dat de versterkereenheid een versterker met een terugkoppelketen van uitgang naar ingang bevat voor het terugvoeren van een uitgangssignaal van de versterker als tegenkoppelsignaal, en dat de terugkoppelketen een overdracht bezit die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de elektro-mechanische omzetter.

2. Inrichting volgens konklusie 1, voor het versterken van een akoestisch signaal, waarbij een mikrofoon is gekoppeld met de ingangsklem, en de elektro-mechanische omzetter een luidspreker is, met het kenmerk, dat de terugkoppelketen een overdracht bezit die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de luidspreker en de mikrofoon.

3. Inrichting volgens konklusie 2, met het kenmerk, dat de genoemde overdracht overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker via de luidspreker, de akoestische weg van de luidspreker naar de mikrofoon, en de mikrofoon, naar de ingang van de versterker.

4. Inrichting volgens konklusie 2, waarbij de mikrofoon en de luidspreker in een mechanische eenheid zijn opgenomen, met het kenmerk, dat de genoemde overdracht overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker via de luidspreker, de mechanische weg van de luidspreker naar de mikrofoon, en de mikrofoon, naar de ingang van de versterker.

5. Inrichting volgens konklusie 1, te gebruiken in een platenspeler, waarbij een uitgang van een groeftaster is gekoppeld met de ingangsklem van de inrichting, en de elektro-mechanische omzetter een luidspreker is die mechanisch is gekoppeld met het huis van de platenspeler, met het kenmerk, dat de terugkoppelketen een overdracht bezit die ten minste ongeveer overeenkomt met de overdracht van de uitgang van de versterker naar de ingang van de versterker via de luidspreker, de mechanische weg van de luidspreker naar de groeftaster, en de groeftaster.

6. Inrichting volgens één der voorgaande konklusies, met het kenmerk, dat de terugkoppelketen daartoe een adaptief filter bevat.

7. Inrichting volgens konklusie 6, met het kenmerk, dat het

adaptieve filter een regelingang bevat gekoppeld met de ingang van de versterker, voor het toevoeren van een regelsignaal.

8. Versterkereenheid te gebruiken in een inrichting volgens een der voorgaande konklusies.

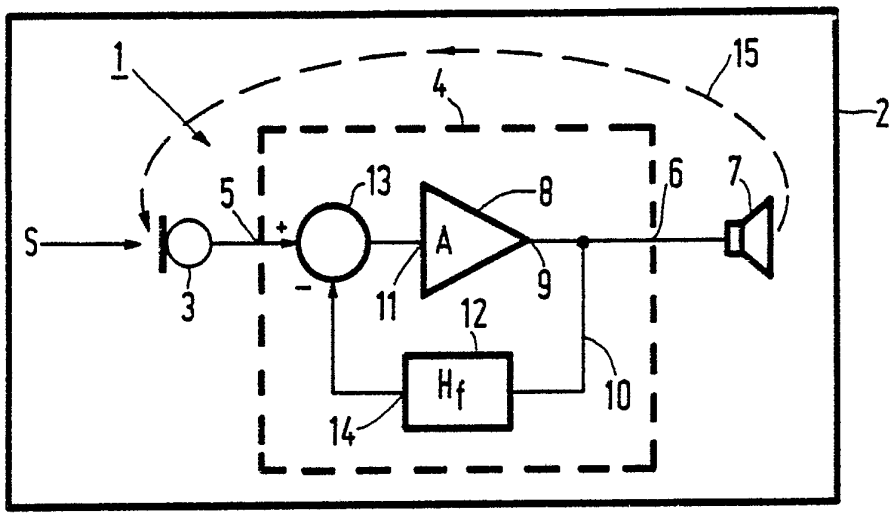

FIG.1

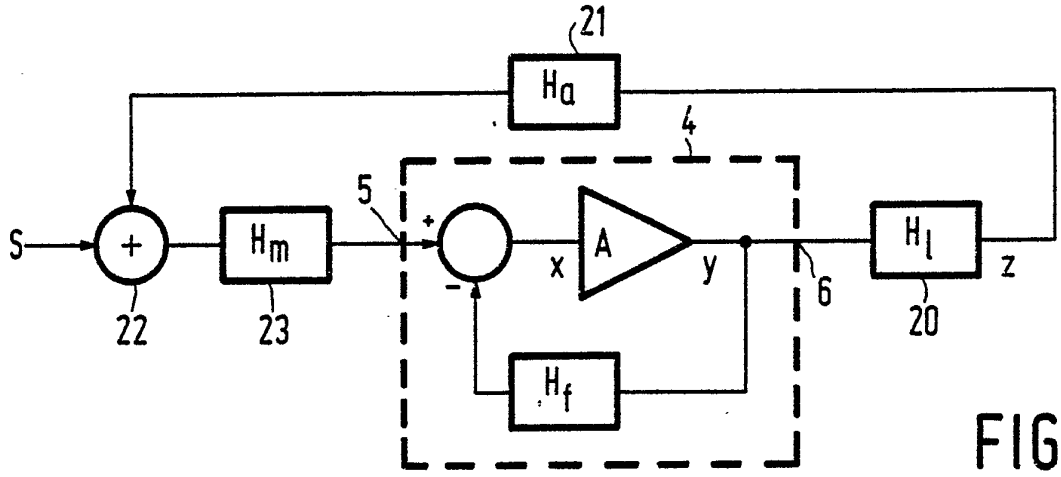

FIG.2

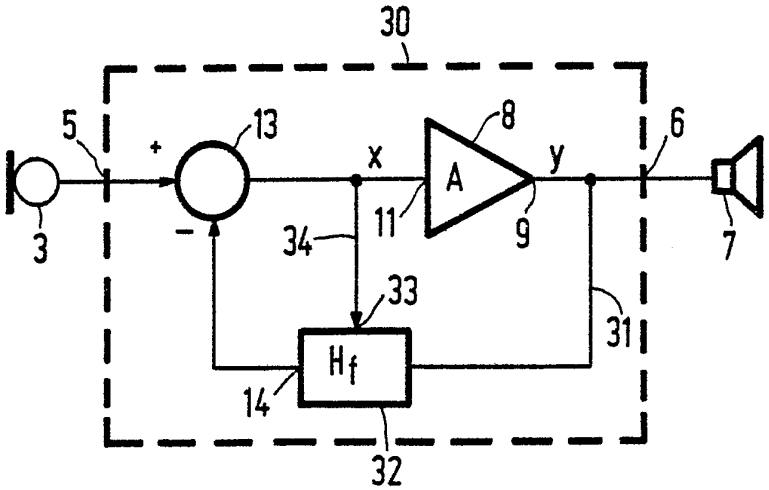

FIG.3

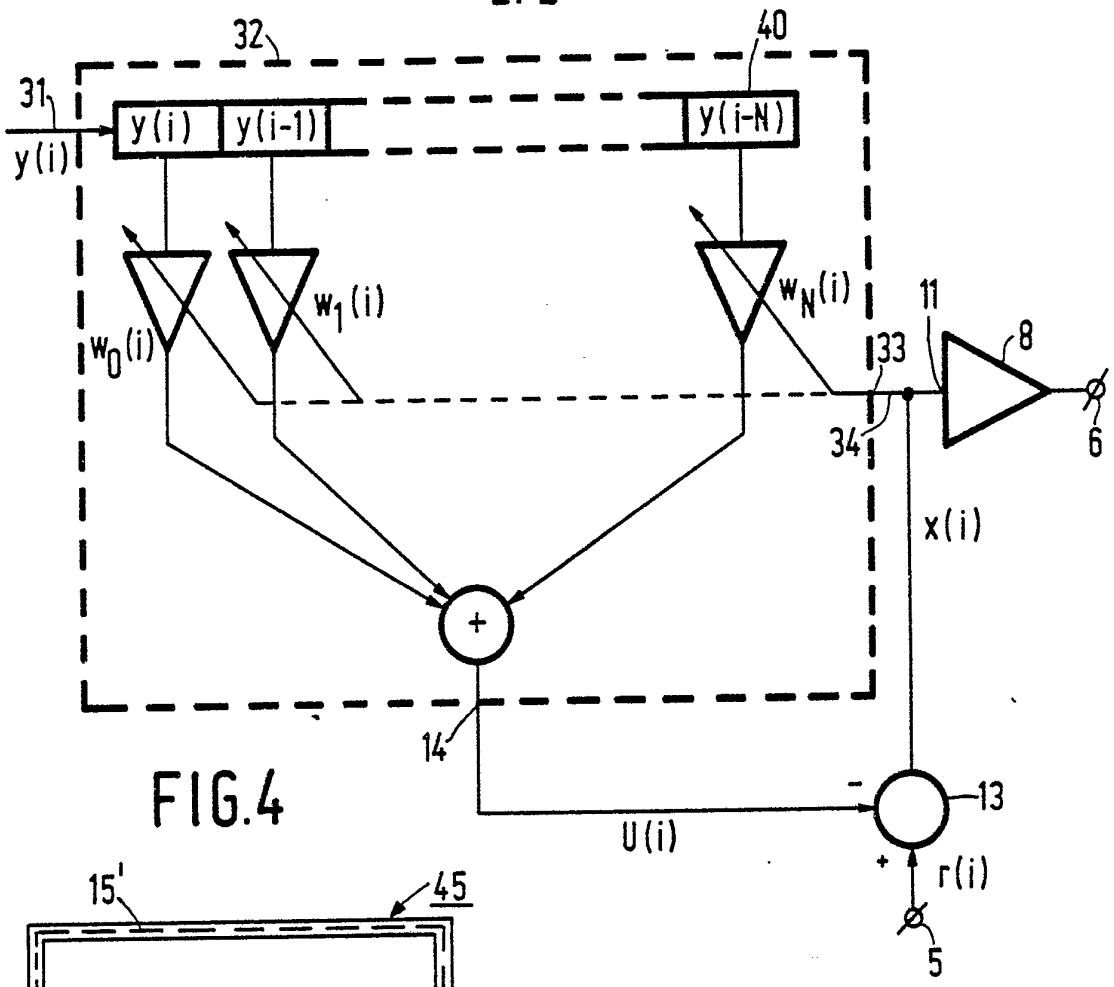

FIG.4

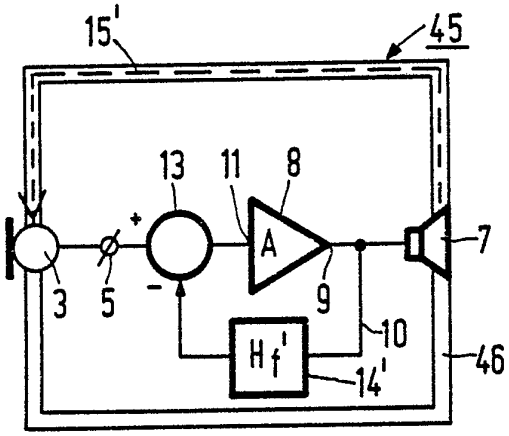

FIG.5

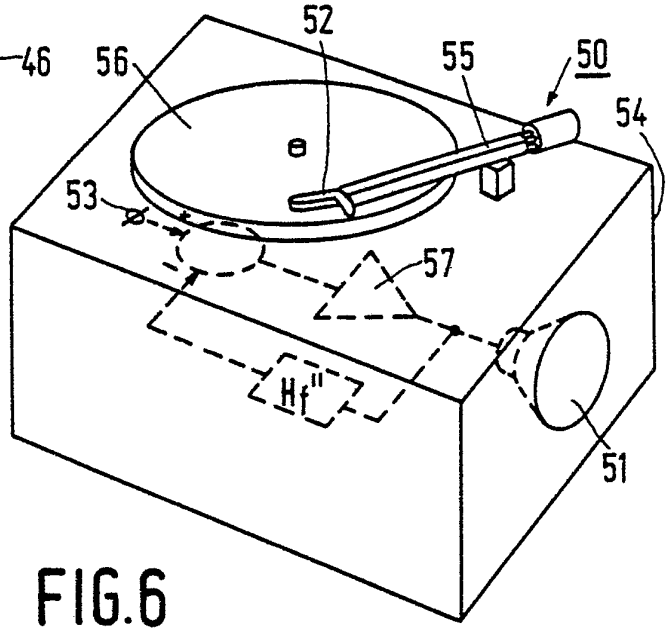

FIG.6