



SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 63313

- C (45) Patentti myönnetty 10 05 1983
Patentti modellet
(51) Kv.lk./Int.Cl. H 04 R 5/02
(86) Kv. hakemus — Int. ansökan
(21) Patenttihakemus — Patentansöknings 820231
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag 26.01.82
(23) Alkupäivä — Giltighetsdag 26.01.82
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig
(44) Nähtävöksiänon ja kuuljulkaisun pvm. —
Ansökan utlagd och utskriften publicerad 31.01.83
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet

- (71) Oy Lohja Ab, 08700 Virkkala, Suomi-Finland(FI)
(72) Jorma Uolevi Salmi, Turku, Carl Anders Mikael Weckström, Helsinki,
Suomi-Finland(FI)
(74) Seppo Laine
(54) Kaiutin - Högtalare
(57) Tiivistelmä

Tässä julkaisussa on kuvattu kaiutin, joka käsittää kaksi bassoelementtiä (21, 22) ja kolme korkeäänielementtiä (31, 32, 33), jotka on sovitettu bassoelementtien (21, 22) yläpuolelle. Elementtikohtaisen suodatuksen ja eri elementtien (21, 22; 31, 32, 33) tarvitsemien viiveiden synnyttämiseksi käytetään jakosuodinta (5). Runkona (1), johon bassoelementit (21, 22) ja korkeäänielementit (31, 32, 33) ovat kiinnitetyt, on ainakin likimain pystysuora levy (1) kehikko tai sentapainen, johon bassoelementit (21, 22) on kiinnitetty ilman koteloitintia. Korkeäänielementit (31, 32, 33) on koottu säteilijäryhmäksi, jonka suuntaavuus on likimain vakiosuuruinen. Kaiutin on varustettu ekvalisaattorilla koko järjestelmän taajuusvasteen suoristamiseksi.

(57) Sammandrag

I denna publikation har beskrivits en högtalare, som omfattar två baselement (21, 22) och tre diskantelement (31, 32, 33), som avpassats ovanför baselementen (21, 22). För alstring av en elementavpassad filtrering och fördröjningar betingade av de olika elementen (21, 22; 31, 32, 33) används ett fördelningsfilter (5). Stommen (1) vid vilken baselementen (21, 22) och diskantelementen (31, 32, 33) är fästa, utgörs av en i åtminstone det närmaste vertikal skiva (1), ram eller liknande vid vilken baselementen (21, 22) är fästa utan inkapsling. Diskantelementen (31, 32, 33) är sammansatta till en strålningsgrupp, vars riktverkan är i det närmaste av konstant storlek. Högtalaren är försedd med en ekvalisator för uträtande av hela systemets frekvensrespons.

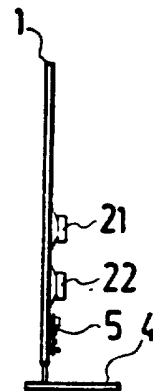


Fig.3

Kaiutin

Tämän keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen
1 johdannon mukainen kaiutin.

5 Tällaista kaiutinta voidaan käyttää äänentoistoon
kaikkialla, missä äänen laadulle asetetaan erityisen
suuret vaatimukset.

Ylivoimaisesti suurin osa nykyisistä kaiuttimista
on dynaamisia elementtejä käyttämällä tehtyjä koteloitu-
10 ja kaiuttimia. Kotelotyyppi voi olla suljettu, bassore-
fleksiperiaatteella toimiva tai jokin siirtolinjaratkaisu.
Korkeaäänielementteinä käytetään myös joskus pietso-
sähköisellä periaatteella toimivia elementtejä. On
olemassa myös kokonaan tai osittain sähköstaattisia
15 kaiuttimia.

Kaiutinsuunnittelijat ovat tehneet vuosikausia
töitä kaiuttimien äänenlaadun parantamiseksi, jolloin
mm. seuraaviin detaljeihin on kiinnitetty runsaasti
huomiota:

- 20
- elementtien transienttivaste, jälkivärähtelyt,
 - diffraktioilmiön vaikutuksen minimointi,
 - laatikkoresonanssien vähentäminen ja
 - eri särömuodot, mm. vaihesärö.

Näitä asioita on tutkittu mittauksin pääasiassa kaiuttomas-
25 sa huoneessa, ja mainittuja ominaisuuksia on yritetty
parantaa kehittämällä kaiutinelementtejä ja laatikko-
rakenteita. Yleensä väitetään, että kaiutin on
äänentoistoketjun heikoin lenkki. On myös tunnettua,
miten eri tavoin sama kaiutin soi eri huoneissa, ja
30 samassakin huoneessa eri paikkaan sijoitettuna. Tämän
vuoksi onkin mielenkiintoista selvittää, miten
hyvä on tämän päivän "hyvän" kaiuttimen absoluuttinen
äänenlaatu silloin, kun kuunteluhuoneen vaikutus on
eliminoitu. Tätä asiaa voidaan tutkia kuvion 1 mukai-
35 sella järjestelyllä. Siinä on tutkittava kaiutin
sijoitettu kaiuttomaan huoneeseen ja sen mittausakselilla

2 m:n etäisyydellä on korkealuokkainen mittausmikrofoni, esim. B & K 4145. Ohjelmälähteestä syötetään signaali päätevahvistimen kautta kaiuttimeen ja toisaalta kytkimen A kautta tarkkailuvahvistimelle. Kytkimen A avulla voidaan verrata kaiuttimen kautta tulevaa ja "suoraa johtoa" pitkin tulevaa ääntä keskenään. Samantapaisia kokeita ovat tehneet mm. Dr. P.A. Fryer, K.F. Russel ja R. Lee (AES preprints 1495 ja 1567). Tämän järjestelyn mukaisia kuuntelukokeita on suoritettu useaan otteeseen v. 1981 aikana. Lopputoteamukseksi on jäänyt joka kerta, että normaalilla ohjelmamateriaalilla ylivoimaisesti eniten ääntä värittävä tekijä on epätasainen taajuusvaste. Jos taajuusvaste (tässä yhteydessä luonnollisesti vapaakenttäväaste) on kunnossa, ei ole juurikaan eroa "suoran" äänen ja kaiuttimen kautta toistetun välillä. Itse asiassa hyvä kaiutin kuulostaa lähes ideaaliselta tällä tavalla kuunneltuna verrattuna siihen, miten se soi tavallisessa huoneessa.

Edellisessä kappaleessa mainittujen seikkojen aiheuttama äänen värittyminen tulee kuuluviin tällaisessa kuuntelukokeessa. Näitä ominaisuuksia parantamalla ei voida siis oleellisesti parantaa kaiuttimen äänen laatua. Tätä seuraakin looginen kysymys: Mitä kaiuttimen ominaisuuksia pitäisi parantaa, jotta se soisi hyvin myös kaiullisessa tilassa? Tai: Mitä vikaa on nykyisissä kaiuttimissa? Kuunteluhuoneen aiheuttama väritys aiheutuu ainakin seuraavista syistä:

- Taajuusalueen alimmalla dekadilla säteilykuvio on pallo (kaikki koteloidut kaiuttimet),
- koko taajuusalueella säteilykuvio on liian laaja, lisäksi liikaa taajuudesta riippuva,
- ei ole osattu riittävästi ottaa huomioon aikaisimpien heijastusten merkitystä.

Näistä syistä kuunteluhuoneen oma akustiikka pääsee aivan liiaksi huonontamaan kaiuttimen omaa äänenlaatua. Tilanne on erityisen paha juuri taajuus-

alueen alapäässä, jossa yhtäikaa kaiuttimen säteilemä teho ja huoneen jälkkaiunta-aika ovat maksimissa. Lisäksi juuri tällä taajuusalueella huoneessa esiintyy runsaasti seisovia aaltoja, jotka entisestäänkin vä-

5 rittävät ääntä. Tässä paljastuukin kaksi vanhaa käsitystä virheellisiksi:

1. Kaiuttimen suuntaavuutta on yleisesti pidetty negatiivisena asiana. Riittävä suuntaavuus on-
kin toivottu ominaisuus, koska näin voidaan
10 kasvattaa kuuntelupaikalle tulevan suoran
äänen osuutta heijastuneisiin ääniin nähden.
Kuunteluhuoneen akustiikkahan ei vaikuta
suoraan ääneen. Luonnollisesti kaiuttimen
suuntaavuus ei saa riippua taajuudesta.
- 15 2. Sähköstaattisten kaiuttimien erinomainen äänten-
laatu ei johdukaan vain toimintaperiaatteesta,
vaan suurimmaksi osaksi suuntaavuudesta. Ne
ovat akustisia dipoleja, ja tällöin niillä
on suuntaavuutta myös bassopäässä. Myös
20 korkeammilla taajuuksilla niiden suuntaavuus
on suurempi kuin tavallisilla kaiuttimilla,
koska niiden säteilevä pinta on suurempi.
Sähköstaattisten kaiuttimien heikkoutena on
kuitenkin bassotoiston rajoittuneisuus (elektro-
25 dien amplitudi on rajoitettu) sekä korkea hinta.

Edellä mainittuihin havaintoihin nojautuen tämän keksinnön avulla on mahdollista huomattavissa määrin pois-
taa aikaisemmissa kaiutinratkaisuissa esiintyviä epä-
kohtia ja saada aikaan aivan uudentyyppinen kaiutin.

30 Keksintö perustuu seuraaviin ajatuksiin:

1. Käytetään n -kertaluvun ($n > 1$)
gradienttisäteilijää matalilla taajuuksilla.
2. Bassoelementtejä ei ole koteloitu.
3. Ylemmillä taajuuksilla toistosta huolehtii
35 useasta elementistä koottu säteilijäryhmä,
jonka suuntaavuus on lähes vakio ja käyttö-

tarkoitukseen sopivan suuruinen.

4. Säteilijäryhmän pääkeila on suunnattu kuulijaa kohti käyttämällä hyväksi osittain viivepiirejä (all-pass filter), osittain mitoittamalla jakosuodin ja sen omat viiveet tarkoitukseen sopivalla tavalla.

5. Kaiuttimen kanssa käytetään ekvalisaattoria, joka rajaa kaiuttimeen syötettävän taajuusalueen sopivasti ja suorittaa tarvittavat taajuusvastekorjaukset.

Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle kaiuttimelle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön mukaisella kaiuttimella on huomattavia etuja aikaisempiin ratkaisuihin verrattuna:

- Koska kaiutin on matalilla taajuuksilla gradienttisäteilijä, se on myös näillä taajuuksilla suuntaava. Suuntaavuus on n. 4,8 dB silloin, kun kaiuttimen mitat ovat pienet aallonpituuteen nähden, ja kyseessä on 1.kertaluvun gradienttisäteilijä. Tavallisen koteloituneen kaiuttimen suuntaavuus on 0 dB silloin, kun kaiutin on pieni aallonpituuteen nähden.
- Koska säteilykuvio matalilla taajuuksilla on kahdeksikko, kaiutin herättää huoneen aksiaalisia seisovia aaltoja vain yhdessä suunnassa.
- Koska koko taajuusalueella kaiuttimen suuntaavuus on riittävän suuri ja jokseenkin vakio, heijastuneiden äänien osuus on suhteellisesti pienempi ja siten myös huoneen aiheuttama väritys.
- Koska suuremman suuntaavuuden lisäksi pääkeila on käännetty kuuntelijaa kohti, lattian kautta tulevat erittäin haitalliset heijastukset jäävät pienemmiksi.
- Kaiutinparin muodostama stereokuva on parempi suuremman suuntaavuuden johdosta.

- Kaiutin ei äänilähteenä vaikuta yhtä pistemäiseltä kuin tavallinen kaiutin.
- Koska ei ole kaiutinlaatikkoa, ei ole myöskään laatikkoresonansseja.

5 Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan liitteenä olevien piirustuskuvioiden 2 - 6 mukaisten suoritusesimerkkien avulla.

 Kuvio 2 esittää perspektiivikuvantona yhtä keksinnön mukaista kaiutinta.

10 Kuvio 3 esittää sivukuvantona kuvion 2 mukaista kaiutinta.

 Kuvio 4 esittää keksinnön mukaisessa kaiutinjärjestelmässä käytettävän ekvalisaattorin lohkokaaviota.

15 Kuvio 5 esittää kuvion 4 mukaisen ekvalisaattorin kytkentäkaaviota.

 Kuvio 6 esittää keksinnön mukaisessa kaiutinjärjestelmässä käytettävän passiivisen jakosuotimen kytkentäkaaviota.

20 Kuvioiden 2 ja 3 mukainen kaiutin koostuu etulevystä, siihen kiinnitetyistä kaiutinelementeistä 21, 22, 31, 32, 33, jakosuotimesta 5, jalustasta 4 sekä ekvalisaattorista (kuvio 4).

25 Bassoelementit 21, 22 ovat muuten tavanomaisia dynaamisia elementtejä, mutta niiden puhekela, magneettipiiri ja kartion ripustus ovat siten mitoitettut, että kartion suuri lineaarinen poikkeama on mahdollinen. Elementit ovat keskenään samanlaisia. Konstruktiolle on ominaista se, että se on takaa avoin, ts. bassoelementit 21, 22 pääsevät vapaasti säteilemään sekä eteen että
30 taakse. Näin se toimii matalilla taajuuksilla 1. kertaluvun gradienttisäteilijänä.

 Perinteisen ajattelun mukaan konstruktiolla on heikkoutena akustinen oikosulku: taajuuksilla, joilla aallonpituus on suuri verrattuna matkaan etulevyn 1
35 ympäri tai aallonpituus tai sen monikerta on tämän matkan suuruinen, etu- ja taka-aalto osittain kumoavat toisensa.

Vastaavasti taajuuksilla, joilla tämä matka on puolen aallon tai sen parittoman monikerran suuruinen, etu- ja taka-aalto korostavat toisiaan. Taajuusvasteeseen näin muodostuvan aaltoilun minimoimiseksi elementit on sijoitettu etulevyyn 1 epäsymmetrisesti. Koska epäsymmetrinen sijoitus tekee säteilykuvioistakin hieman epäsymmetrisen, stereoparin muodostavat kaiuttimet ovat toistensa peilikuvia. Ekvalisaattorin (kuvio 4) avulla voidaan helposti korjata akustisen oikosulun aiheuttama bassojen vaimeneminen. Siten konstruktioista saatava hyöty suuremman suuntaavuuden muodossa on huomattavasti suurempi kuin bassojen vaimenemisesta aiheutuva haitta. Korkeaäänielementit 31, 32, 33 ovat niinikään keskenään samanlaisia, mutta takaa suljettua tyyppiä. Elementit on sijoitettu samalle pystyakselille. Toiminnot aktiivisen suotimen (ekvalisaattorin) ja passiivisen jakosuotimen välillä on jaettu seuraavasti:

- Passiivisessa suotimessa suoritetaan vain kaiutinelementtikohdaiset suodatukset sekä synnytetään eri elementtien tarvitsemat viiveet.
- Ekvalisaattorilla korjataan koko systeemin taajuusvaste suoraksi.

Kuviossa 6 esitetystä passiivisen jakosuotimen kytkentäkaaviosta käy ilmi, ettei bassoelementtejä 21, 22 ole kytketty suoraan rinnakkain, vaan ylempää bassoelementtiä 21 syötetään viivepiirin kautta. Viiveen suuruus on n. 160 μ s, mikä vastaa tilannetta, että ylempi bassoelementti 21 olisi n. 5 cm taaempaa kuin alempi. Tämä on tehty siksi, että elementtien pääkeila kääntyisi vähän ylöspäin, kuulijaa kohti, ja samalla lattian kautta heijastuvan signaalin voimakkuus pienenee. Viivepiirin vaikutus on selvästi nähtävissä säteilykuvion muodossa vertikaalitasossa. Bassoelementeillä on yhteinen alipäästösuodatin $L_1 - C_2$. Korkeaäänielementit on kytketty seuraavasti:

- kaikilla on yhteinen ylipäästösuodatin $C_6 - C_7 - L_4$
- ylimmällä ja keskimmäisellä elementillä on ali-

päästönä toimiva kaistanestosuodin $L_6 - C_{10}$
ja $L_7 - C_{12}$.

Jotta pääkeilaa saataisiin käännetyksi ylöspäin kuulijaa kohti ja pois päin lattiasta, pitää sillä
5 taajuusalueella, millä useampia elementtejä on äänessä samanaikaisesti, ylempiä elementtejä viivästää alempiin nähden. Kun kelat L_6 ja L_7 "pudottavat" korkeaääniele-
menteistä yhden kerrallaan pois ylhäältä alaspäin, ne samanaikaisesti aiheuttavat sopivan viiveen. Koska
10 säteilylähteiden lukumäärä vähenee täten taajuuden kasvaessa, säteilijäryhmän suuntaavuus pysyy kaiken aikaa lähes vakiona.

Elementtien sijoituksen johdosta säteilykuvio on vertikaalitasossa huomattavasti kapeampi kuin horisontaali-
15 tasossa.

Kondensaattorin C_1 tarkoitus on suojata bassoelementit päätevahvistimesta mahdollisesti tulevilta tasajännitteiltä.

Ekvalisaattorin (kuvio 5) tehtävä on korjata
20 kaiuttimen vapaakenttäväste suoraksi. Se on toteutettu aktiivisilla suotimilla, joiden aktiivisina elementteinä toimivat erittäin hyvälaatuiset operaatiovahvistimet $A_1 \dots A_6$.

Ekvalisaattori on rakennettu erilliseen koteloon, ja se kytketään vahvistimen TAPE MONITOR- tai PRE OUT/MAIN
25 IN - liitäntään.

Lopputuloksen kannalta on oleellista, että seuraavat ehdot täyttyvät:

- Kaiuttimen pitää olla myös bassoalueella suuntaa-
va. Ainoa käytännöllinen ratkaisu on gradient-
30 tisäteilijä.
- Keski- ja diskanttialueella pidetään sopivalla säteilijäryhmällä huolta riittävästä suuntaavuudesta. Alemmilla keskiäänillä voidaan käyttää myös gradienttisäteilijää.

35 Ottaen huomioon nämä seikat voidaan ajatella myös seuraavanlaisia ratkaisuja:

- Ratkaisu on muuten kuvatun kaltainen, mutta elementtien lukumäärä toinen.
- Jätetään etulevy kokonaan pois, jolloin säteilykuvioista saadaan entistäkin ideaalisempi ("baffelivaikutus" jää pois). Tällöin vaaditaan kuitenkin bassoelementeiltä enemmän liikevaraa ja/tai pinta-alaa.
- Suodatus voidaan tehdä myös täysin aktiivisesti, ts. suotimet ovat vain piensignaali puolella ja jokaisella kaiutinelementillä/elementtiryhmillä on oma pääte vahvistin.
- Etulevyn taakse voidaan lisätä yksi korkeaäänikaiutin, jotta tehovasteeseen "automaattisesti" tuleva 3 dB:n virhe jäisi pois. Samalla kaiutin kuulostaisi paremmalta takaa päin kuunneltuna.

Patenttivaatimukset:

1. Kaiutin, joka käsittää
 - ainakin kaksi bassoelementtiä (21, 22),
 - ainakin kaksi korkeaäänielementtiä (31, 32, 33), jotka on sovitettu bassoelementtien (21, 22) yläpuolelle,
 - jakosuotimen (5) elementtikohtaisen suodatuksen ja eri elementtien (21, 22; 31, 32, 33) tarvitsemien viiveiden synnyttämiseksi,
 - rungon (1), johon bassoelementit (21, 22) ja korkeaäänielementit (31, 32, 33) ovat kiinnitetyt, ja
 - jalustan (4), johon runko (1) on tuettu,
- t u n n e t t u siitä, että
- runkona on ainakin likimain pystysuora levy, (1) kehikko tai sentapainen,

- bassoelementit (21, 22) on kiinnitetty runkoon (1) ilman kotelointia,
- korkeaäänielementit (31, 32, 33) on koottu säteilijäryhmäksi, jonka suuntaavuus on taajuuden suhteen ainakin likimain vakiosuuruinen, ja
- kaiutin on varustettu ekvalisaattorilla koko järjestelmän taajuusvasteen suoristamiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kaiutin, t u n n e t t u siitä, että korkeaäänielementeistä koottu säteilijäryhmä käsittää ainakin kolme samalle pysty-
10 akselille sovitettua elementtiä (31, 32, 33).

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kaiutin, t u n n e t t u siitä, että kaikki korkeaäänielementit (31, 32, 33) ovat keskenään identtiset.

15 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kaiutin, t u n n e t t u siitä, että bassoelementit (21, 22) ovat keskenään identtiset ja samalla pystyakselille sovitetut.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kaiutin, t u n n e t t u siitä, että levy (1) on suorakulmion muotoinen ja kaikki elementit (21, 22; 31, 32, 33) on sovitettu samalle levyn (1) symmetria-akselista poikkeavalle pystyakselille.

20 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kaiutin, t u n n e t t u siitä, että ekvalisaattori on toteutettu aktiivisilla suotimilla, joiden aktiivisina elementteinä toimivat hyvälaatuiset operaatio-
25 vahvistimet ($A_1 \dots A_6$) (kuvio 5).

63313

Patentkrav:

1. Högtalare omfattande

- åtminstone två baselement (21, 22),
- åtminstone två diskantelement (31, 32, 33)
anordnade ovanför baselementen (21, 22),
- ett fördelningsfilter (5) för alstring av en
elementanpassad filtrering och en fördröjning betingad
av de olika elementen (21, 22; 31, 32, 33),
- en stomme (1), varvid baselementen (21, 22) och
diskantelementen (31, 32, 33) är fästa och
- ett stativ (4), vid vilken stommen (1) är stödd,

k ä n n e t e c k n a d därav, att

- stommen utgörs av en åtminstone i det närmaste
lodrät skiva (1), en ram eller liknande,
- baselementen (21, 22) är fästa vid stommen (1)
utan inkapsling,
- diskantelementen (31, 32, 33) är samlade till en
strålningsgrupp, vars riktverkan i förhållande till
frekvensen är åtminstone i det närmaste konstant,
och
- högtalaren är försedd med ekvalisator för uträtande av
hela systemets frekvensrespons.

2. Högtalare enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -

n a d därav, att den av diskantelement sammansatta strålnings-
gruppen omfattar åtminstone tre på samma lodräta axel anpassa-
de element (31, 32, 33).

3. Högtalare enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -

n a d därav, att alla diskantelement (31, 32, 33) är
sinsemellan identiska.

4. Högtalare enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -

n a d därav, att baselementen (21, 22) är sinsemellan
identiska och avpassade på samma lodräta axel.

5. Högtalare enligt patentkravet 1, k ä n n e -

t e c k n a d därav, att skivan (1) är formad som en
rektangel och alla element (21, 22, 31, 32, 33) är

anordnade på samma från skivans symmetriaxel avvikande vertikalexel.

5 6. Högtalare enligt patentkravet 1, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att ekvalisatorn är förverkligad
med hjälp av aktiva filter, vilkas aktiva element utgörs
av högklassiga operationsförstärkare ($A_1 \dots A_6$) (figur 5).

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

—

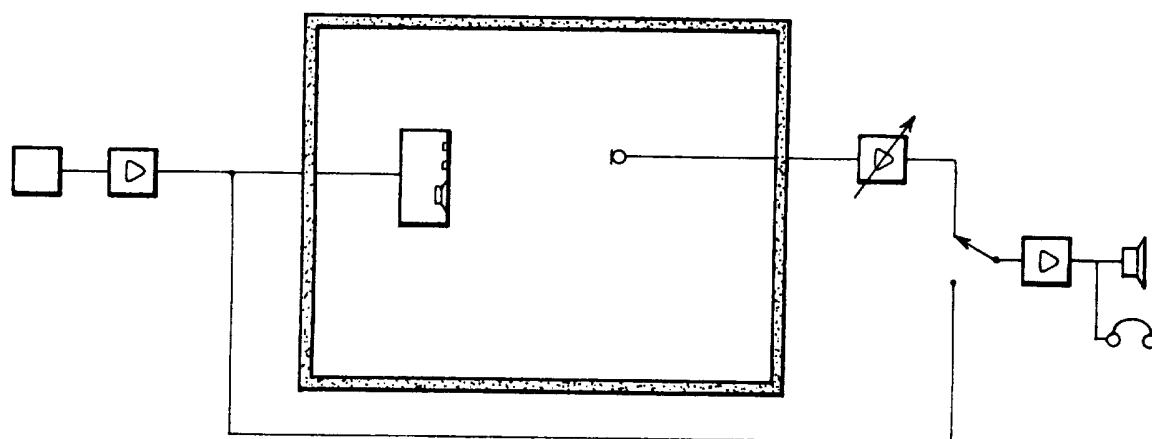


Fig. 1

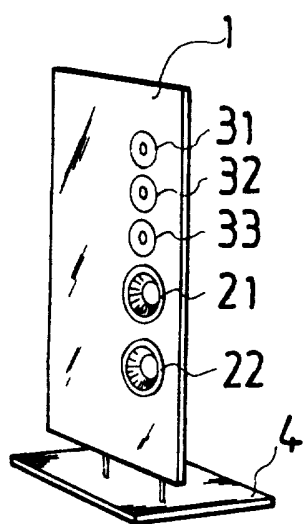


Fig. 2

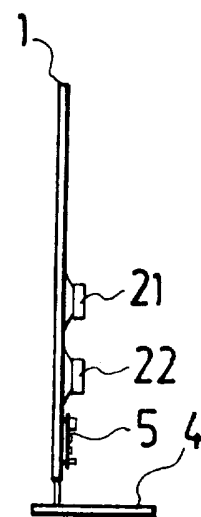


Fig. 3

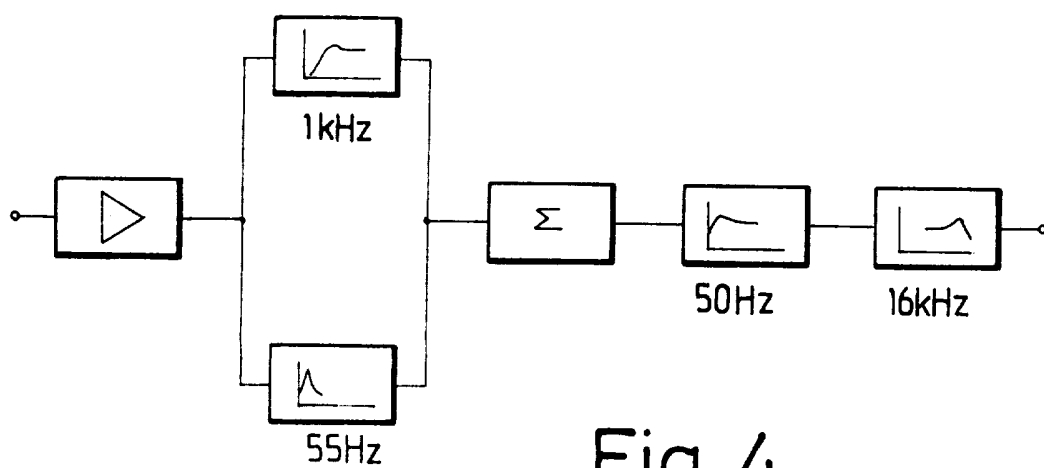


Fig. 4

63313

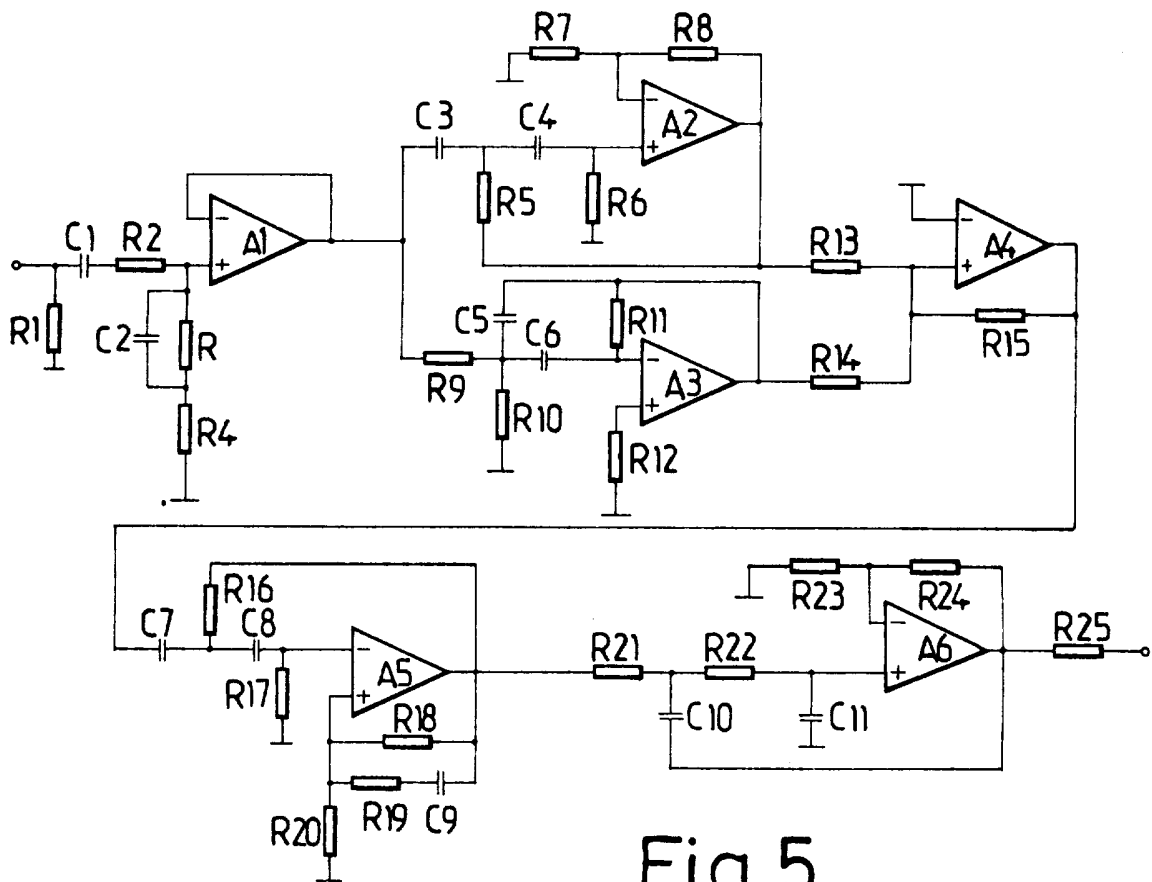


Fig. 5

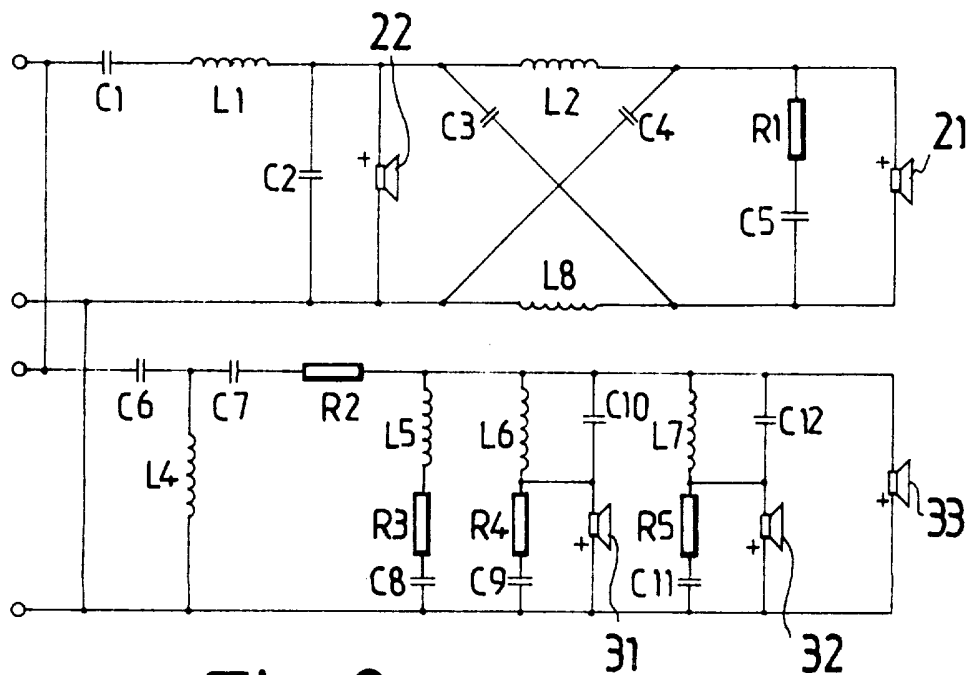


Fig. 6