



F 100094287B



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) **KUULUTUSJULKAISU**
UTLÄGGNINGSSKRIFT 94287
C (45) **Patentti myönnetty**
Patent meddelat 10 03 1995

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

G 01H 1/00, H 04R 1/46, A 61B 7/04

(21) Patentihakemus - Patentansökning	931954
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	29.04.93
(24) Alkupäivä - Löpdag	29.04.93
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	30.10.94
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.04.95

(71) Hakija - Sökande

1. Kallio, Kari Hannu, Kirstinmäki 15 A 21, 02760 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Kallio, Kari Hannu, Kirstinmäki 15 A 21, 02760 Espoo, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Häiriönvaimennusmenetelmä ja anturikonstruktio signaalin mittaamiseksi kiinteän aineen pinnalta
Förfarande för störningsdämpning och givarkonstruktion för mätning av en signal på ytan av fast material

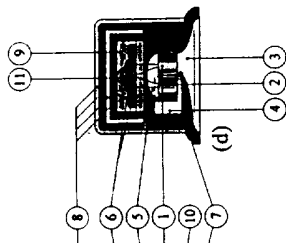
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 105600 (G 01H 1/00), SE B 452946 (A 61B 7/04), US A 3133990 (179-1),
US A 3396241 (179-1), US A 3915016 (G 01H 1/00), US A 4715219 (G 01H 17/00),
WO A 90/09083 (H 04R 1/46)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee häiriönvaimennusmenetelmää ja anturikonstruktioita mitattaessa signaalia kiinteän aineen pinnalta. Keksinnön ratkaisussa yhdistetään tehokkaasti passiivinen ja aktiivinen häiriönvaimennus. Anturikonstruktio sisältää ensimmäisen mikrofonin (1) sekä hyötysignaalin että häiriösignaalin mittaamiseksi ja samanlaisen toisen mikrofonin (2) vain häiriösignaalin mittaamiseksi. Ensimmäinen ja toinen mikrofoni (1, 2) on sijoitettu häiriösignaalia passiivisesti vaimentavan suojakuoren (7, 8) sisään mahdollisimman pienelle etäisyydelle toisistaan, jolloin passiivisesti vaimennettu häiriösignaali kytkeytyy kumpaankin mikrofoniin (1, 2) lähes samanlaisena. Kumpunkin mikrofonin eteen on muodostettu toisistaan erillään olevat kammiot (3, 4), joiden tilavuudet ovat samat, ja mikrofonien taustat ovat akustisessa yhteydessä toisiinsa (5). Näin parannetaan edelleen häiriösignaalin samanlaista kytkeytymistä mikrofoneille. Ohuet paineentasausreiät (10) kammioihin (3, 4) vähentävät mittaustuloksesta aiheutuvia matalataajuisia painenvaihteluita. Yksinkertaisimmassa toteutuksessa toisen mikrofonin (2) signaali vähennetään suoraan ensimmäisen mikrofonin (1) signaalista.

Uppfinningen angår ett förfarande för störningsdämpning och en givarkonstruktion vid mätning av signal från ytan av fast ämne. Uppfinningen är en effektiv kombination av passiv och aktiv störningsdämpning. Givarkonstruktionen inkluderar en första mikrofoni (1) för att mäta både nyttsignalen och störningssignaler och en annan likformig mikrofoni (2) endast för mätning av störningssignaler. Den första och den andra mikrofonen (1, 2) är placerade så nära varandra som möjligt inom en skyddskapsel (7, 8) som dämpar passivt störningssignaler, varvid de passivt dämpade störningssignalerna kopplas till båda mikrofonerna (1, 2) som anslutit likadana. Framför mikrofonerna (1, 2) har utformats motsvarande separata kammare (3, 4) med samma volym, och baksidor av mikrofonerna (1, 2) är akustiskt sammankopplade (5). Sålunda förbättras likadan koppling av störningssignalerna till mikrofonerna ytterligare. Tryckutjämningshål (10) med liten diameter till kammarna (3, 4) reducerar lågfrekventa trycksförändringar förorsakade av mätningens objekt. I en enkel utföringsform av uppfinningen signalen från den andra mikrofonen (2) subtraheras från signalen från den första mikrofonen (1).



Häiriönvaimennusmenetelmä ja anturikonstruktio signaalin mittaamiseksi kiinteän aineen pinnalta

- 5 Keksintö koskee kiinteän aineen pinnalta mitattavan signaalin häiriönvaimennusmenetelmää ja tätä menetelmää soveltavaa anturikonstruktiota. Keksintöä voidaan soveltaa äänisignaalin mittaamiseen mm. teknisissä ja lääketieteellisissä tutkimus- ja diagnosointitehtävissä.
- 10 Aktiivinen vaimennus tunnetaan ennestään monista sovelluksista, joissa kuuluvaa häiriöääntä eli melua pyritään vaimentamaan tuottamalla vastaaäntä. Haitallista tärinää vaimennetaan aktiivisin tärinänvaimennuskeinoin. Parhaiten on onnistuttu vaimentamaan ns. yksiulotteista matalataajuista (alle 300 Hz) ääntä, joka tyypillisesti etenee mm. ilmanvaihtoputkistoissa (US-patentti 2 043 416). Kaksi- ja kolmi-
- 15 ulotteisen äänen kompensointi on vaikeampaa ja onnistuu yleensä vain pienellä tilavuusalueella, koska vastaaänen täytyy olla vastakkaisessa vaiheessa alkuperäiseen nähden, ja se vaatii näin ollen hyvän ajallisen tarkkuuden. Järjestelmiä, joissa melua vaimennetaan kuljettajan pään ympäristössä, on tehty mm. työkoneita ja helikoptereita varten. Matkustajien viihtyvyyttä liikennevälineissä pyritään parantamaan aktiivisella melun kompensoinnilla tuottamalla vastaaäntä matkustajan pään
- 20 ympäristössä. Järjestelmät eivät yleensä ole kovin käyttökelpoisia. Henkilö on siddottu paikalleen ja jo päätä käännettäessä vaimennuksen taso vaihtelee. Pahimmillaan järjestelmät pettävät ja vaimennus on joko olematonta tai melu saattaa jopa lisääntyä.
- 25 Tietyissä mm. teknillisissä ja lääketieteen rekisteröintitilanteissa on tarve saada mitatuksi signaali laitteesta tai potilaasta häiriöisissä olosuhteissa. Tällöin hyöty-signaali on saatavissa kehon tai laitteen pinnalta mittaamalla, mutta häiriö(ääni)signaali tulee samanaikaisesti kolmiulotteisesti ilman kautta ja summautuu mitattavaan
- 30 signaaliin. Ongelma on pahin silloin, kun mitattava signaali on heikko. Tällöin joudutaan käyttämään herkkiä antureita, kuten mikrofonia, joka rekisteröi tarkasti myös ympäröivän ilman painevaihtelut eli häiriösignaalin.
- Eräässä sovellustehtävässä, hengitys- ja sydänäänien rekisteröinnissä, käytetään
- 35 hyvälaatuisia mikrofoneja ja ainoastaan passiivista melusuojaa. Käytetyt melusuojat, esimerkiksi kuulosuojain, jonka sisään takaseinämän läpi on asennettu melko suurikokoinen mikrofoni, ovat konstruktioiltaan liian kookkaita erityisesti lapsilta, mutta myös aikuisten kaulalta tehtäviin mittauksiin. Kokonaan häiriösuojattomiakin

mikrofoneja käytetään, jolloin mittaushuone on saatava hiljaiseksi rekisteröinnin ajaksi. Käytettäessä äänen mittaukseen kiihtyvyyssantureita ilman kautta tulevat häiriöt kytkeytyvät vain vähäisessä määrin signaaliin. Kiihtyvyyssantureiden käyttö on kuitenkin mm. lääketieteellisissä äänitutkimuksissa rajoitetumpaa niiden epäherkkyyden ja matalampiin taajuuksiin rajoittuvan taajuusalueen vuoksi.

Edellä kuvattujen ongelmien ratkaisemiseksi keksinnön tarkoituksena saada aikaan tehokas häiriönvaimennusratkaisu lääketieteessä ja tekniikassa esiintyviin mittaus-
tarpeisiin tilanteissa, joissa häiriöisissä ja meluisissa ympäristöissä on mitattava
esimerkiksi koneen, laitteen tai potilaan pinnalta usein melko heikkoja signaaleita,
esimerkiksi äänisignaaleita. Seuraavassa tarkastellaan tekniikan tasona eräitä tun-
nettuja ratkaisuja, jotka ovat sovellutukseltaan tai toteutukseltaan jossain määrin
lähellä keksinnön ratkaisua.

Ruotsalaisessa kuulutusjulkaisussa SE-452 946 on esitetty hengityksen ilmaisemi-
seen tarkoitettu järjestely, jonka sovellusesimerkissä yhdellä mikrofonilla mitataan
hengitysäntä ihmisen kaulan etupuolelta ja toinen mikrofoni on sijoitettu kaulan
sivulle, niskaan tai korvan taakse. Signaalit vähennetään toisistaan, ja tuloksena
saadaan indikaatio sille, että potilas hengittää. Ratkaisu vaikuttaa yksinkertaiselta,
mutta äänenkäsittelytekniikkaa tuntevalle on selvää, että kun mikrofonit ovat jolti-
sellakin etäisyydellä toisistaan eikä niiden suojaukseen ole kiinnitetty huomiota,
ratkaisun toimiminen edellyttää signaalien esikäsitteilyä, johon julkaisun ratkaisussa
kuuluvat matalien äänien suodattaminen, äänisignaalien tasasuuntaaminen ja sig-
naalien keskiarvoistaminen tietyn ajan yli. Tuloksena saadaan keksinnön tarkoituk-
sen mukaisesti vain hengitystä ilmaiseva jännite, eikä varsinaista äänisignaalia enää
esiinny. Ratkaisu ei sovellu tarkoituksiin, joissa alkuperäinen signaali halutaan
puhdistaa ympäristön häiriöäänistä ja säilyttää mahdollisimman koskemattomana
alkuperäisessä aaltomuodossaan.

Hakemusjulkaisussa WO-90/09083 on kuvattu mikrofoni kehon äänien mittaami-
seksi. Ratkaisun perustana on kiinteä ja umpinainen kammio, jonka sisässä on
joustavan kalvon varaan ripustettu massaelementti. Kalvo jakaa kammion kahteen
osaan, joista ääni johdetaan kahta ilmaputkea pitkin kahdelle mikrofonille, joihin
tulevat signaalit summataan elektronisella siltakytkennällä. Signaali saadaan kam-
mion ja sen sisällä olevan massan vastakkaisvärähtelystä sekä tämän johdosta kah-
teen kammioon muodostuvien vastakkaisten painevaihtelujen kautta. Ongelmaksi
muodostuu se, että signaalien summaaminen kahdesta vastakkaisvaiheisesta paine-
kammioista kahden mikrofonin kautta johtaa melun kompensoitumisen ohella myös

- matalataajuisen signaalin kompensoitumiseen. Ratkaisu on myös epäherkkä, koska kehon äänivärähtelyjen on liikutettava koko kuorirakennetta. Lisäksi pehmeä kudosis ja anturin massa muodostavat harmonisen värähtelijän, jolla on resonanssitaajuus. Kiinteää yksikerroksista kuorta lukuunottamatta passiivista melusuojaa ei ole käytetty, ja muun muassa mikrofonielementit ovat vapaina ja siten alttiina häiriöille. Tästä huolimatta patenttijulkaisussa ei edellytetä, että mikrofonielementtien pitäisi sijaita lähellä toisiaan. Julkaisussa ei ole esitetty esimerkkejä, jotka osoittaisivat, millä taajuusalueella ja minkä tasoisena melun torjuminen onnistuu.
- 5
- 10 Patentissa US-4 985 925 on esitetty aktiivinen melunvaimennusjärjestelmä, joka on suunniteltu ensisijaisesti korvakäytävään asetettavaksi elektronisesti toimivaksi kuulosuojaimeksi ja helpottamaan kommunikointia meluisissa olosuhteissa. Järjestelmä koostuu korvakäytävään asetettavasta sovittimesta ja sen sisään sijoitettavasta elektronisesta kuulosuojainlaitteesta. Runkorakenne muodostaa passiivisesti vaimentavan kuoriosan, jonka sisällä on kaksitoiminen äänianturi (bilateral transducer), joka toimii mikrofonina ja kaiuttimena. Äänianturi-kaiutin mittaa mikrofonin ominaisuudessa passiivisesti vaimennettua ympäristön ääntä. Siihen summataan akustisesti erotusääni, joka saadaan, kun hyötysignaalista vähennetään mikrofonin muodostama sähköinen signaali. Eron tekeminen hyöty- ja häiriösignaalien välille perustuu osittain siihen seikkaan, että hyötysignaali johdetaan kuulosuojaimen erillisellä johdolla ulkopuolelta, ja osittain taajuusjakoon: hyötysignaali, esimerkiksi puhe, on painottunut korkeammille taajuuksille kuin ympäristöhäiriöt, esimerkiksi teollisuuden ja liikenteen melu. Hyötysignaali esisuodatetaan ja vahvistetaan. Vaimennusteho, joka on painottunut matalille taajuuksille, perustuu äänenpaineen aiheuttaman mekaanisen liikkeen välittömään tunnistamiseen ja sen kompensoimiseen negatiivisella takaisinkytkennällä saatavalla sähkömagneettisella vastavoimalla. Saavutettava aktiivisen kompensoinnin ylärajataajuus on n. 1 kHz. Esitetty kompensointi toimii kohtalaisen hyvin korvakäytävässä, joka on likimain yksiulotteinen tila.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- Julkaisussa US-4 985 925 mainitaan edelleen, että sen ratkaisua voidaan soveltaa myös stetoskooppiin. Stetoskoopin anturipää on tällöin tavanomainen ja ratkaisun mukainen kuulosuojain sijaitsee korvakäytävässä ympäristömelun vaimentamiseksi potilasta kuunneltaessa. Kompensointi perustuu yhteen mikrofoniin, johon hyöty- ja häiriösignaalit summataan akustisesti. Hyötysignaali voidaan ottaa ulkopuolisesta lähteestä, esimerkiksi mikrofonista, johon signaali täytyy saada mitatuksi korvan sijaintipaikkaa häiriöttömämmin. Stetoskoopin tapauksessa potilas ja stetoskoopin anturipää ovat kuitenkin samassa huonetilassa kuuntelevan henkilön ja hänen kor-

viensa kanssa, jolloin kuulonsuojaimista ei ole paljon hyötyä, koska melu kytkeytyy signaaliin anturipään kautta.

5 Esillä olevassa keksinnössä ratkaisun periaatteena on, että vastaääntä ei tuoteta, vaan tarkoituksena on saada mahdollisimman puhdasta signaalia häiriöisissä oloissa mittaamalla häiriöt akustisesti samanlaisina kahdella mikrofonilla ja kompensoimalla ne sen jälkeen elektronisesti linjatasolla. Tämä voi toteutua menestyksellisesti vain, mikäli anturikonstruktio on akustisesti oikein rakennettu ja mitoitettu.

10 Keksinnön mukaiselle ratkaisulle on tunnusomaista hyötysignaalin mittaaminen kiinteän aineen pinnalta yhdellä mikrofonilla ja mittauspistettä ympäröivän väliaineen (ilma, muu kaasu, neste) kautta tulevien häiriöiden samanaikainen mittaaminen kahdella mikrofonilla. Häiriöt saadaan poistetuksi hyötysignaalista summaamalla siihen käännetty häiriösignaali. Anturirakenteeseen kuuluu tehokas passiivinen häiriösuoja. Suojan sisällä tarvitaan kaksi mikrofonia, mikä mahdollistaa aktiivisen häiriönvaimennuksen toteutuksen. Mikrofonien välinen etäisyys on mahdollisimman pieni, minkä ansiosta päästään hyvään kompensointitasoon ja melko korkeisiin kompensointitajuuksiin.

20 Mikrofonit istutetaan tiiviisti akustisesti hyvään eristemateriaaliin, johon tehdään kummankin mikrofonin eteen toisistaan eristetyt akustiset kammiot, minkä ansiosta pienestä välimatkasta huolimatta hyötysignaali ei siirry pelkästään häiriöitä mittaavaan mikrofoniin. Akustisilla kammioilla on sama tilavuus, millä halutaan samantyyppistä (sama spektri) mikrofoneihin kytkeytyvää häiriösignaalia. Mikrofonien takasivut ovat välittömässä akustisessa yhteydessä toisiinsa, minkä ansiosta mikrofonien keskinäinen etäisyys on mahdollisimman pieni häiriösignaalin osalta.

30 Hyötysignaalin saantia tehostetaan leveällä ja matalalla ja tilavuudeltaan pienellä akustisella kammioilla, minkä ansiosta kammion resonanssitajuuus on riittävän ylhäällä, niin ettei se vääristä mitattavaa signaalia.

Kammioista johtavat ulos ohuet symmetriset paineentasausreiät, jotka vähentävät mittauskohteesta aiheutuvia hyvin matalataajuisia häiriöitä ja parantavat kompensointitulosta.

35

Mikrofonit toimivat samanaikaisesti sekä antureina että fyysisesti eristävinä tulppina.

Molempien mikrofoniien signaalit voidaan taltioida omista johdoistaan, jolloin kompensointi voidaan tehdä joko elektronisesti piiritekniikalla tai esimerkiksi tietokoneessa, jossa kompensointia voidaan vielä tehostaa yhdistämällä käsittelyyn matemaattisia ja signaalinkäsittelymenetelmiä.

5

Keksinnön mukaiselle häiriönvaimennusmenetelmälle kiinteän aineen pinnalta mitattavan signaalin laadun parantamiseksi on tunnusomaista se, mitä on esitetty patenttivaatimuksessa 1.

10 Keksinnön mukaiselle anturikonstruktiolle on tunnusomaista se, mitä on esitetty patenttivaatimuksessa 4.

Muissa patenttivaatimuksissa on esitetty keksinnön mukaisen häiriönvaimennusmenetelmän ja anturikonstruktion sovellutusmuotoja.

15

Keksinnön mukaisella menetelmällä ja laitteella saadaan aikaan ratkaisevia parannuksia edellä tekniikan tason tarkastelun yhteydessä esiteltyyn olemassaolevaan tekniikkaan verrattuna. Ensinnäkin keksinnöllä päästään esitettyjä kompensointiratkaisuja selvästi parempaan kompensointitulokseen muuttamatta alkuperäistä signaalia oleellisesti. Täten häiriöistä puhdistettua signaalia on mahdollista käyttää tarkkoihin aaltomuoto- ja taajuusanalyysiin kompensoinnin jälkeen. Toiseksi keksinnöllä saavutetaan parempi kokonaishäiriövaimennus kuin tunnetuilla anturiratkaisuilla. Kolmanneksi anturikonstruktion signaalinsieppauksen hyötysuhde häiriöisissä olosuhteissa on parempi erityisesti korkeilla taajuuksilla, koska päämikro-

20 foni on suorassa yhteydessä mitattavan pinnan kanssa. Lisäksi keksinnön mukainen anturikonstruktio voidaan rakentaa olemassaolevia ratkaisuja merkittävästi pienikokoisemmaksi, koska rajoituksena on vain käytettävissä olevien mikrofonielementtien koko.

25

30 Anturikonstruktiosta saadaan yksinkertainen, koska elektronisia kompensointipiirejä ei ole mukana. Kahden saatavan signaalin kompensointi tehdään jälkeinpäin, joko reaaliajassa tai talletetuille signaaleille myöhemmin. Oleellista on, että signaalit saadaan mikrofoneista jatkokäsittelyä varten. Kompensoitumisen yläraja on riippuvainen vain mikrofonielementtien koosta ja keskinäisestä etäisyydestä ja on ylempänä kuin esimerkiksi patentin US-4 985 925 ratkaisussa, jossa hyöty- ja häiriösignaalit erotetaan kompensointipiirissä toisistaan suodattamalla, mikä merkitsee hyötysignaalin merkittävää muokkaamista. Esillä olevassa keksinnössä signaali saadaan suoraan kiinteän aineen pinnalta alkuperäisenä. Signaalilähde tulee suojatuksi

35

melulta passiivisesti, kun anturikonstruktio asetetaan fyysisesti mittauskohdan päälle ja painetaan tiiviisti pintaa vasten.

5 Seuraavassa keksintöä selitetään yksityiskohtaisesti viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joista:

kuva 1 esittää keksinnön mukaisen anturikonstruktion erästä toteutusmuotoa (a) alta, (b) sivulta, (c) päältä ja (d) takaa johdon puolelta katsottuna ja

10 kuvat 2 ja 3 esittävät kuvan 1 anturikonstruktion testaamiseksi tehtyjen taajuusvastemittausten tuloksia.

15 Kuva 1 esittää kiinteän aineen pinnalta mittaavaa häiriöitä kompensoivaa anturikonstruktiota, joka on rakennettu lääketieteellisiä, erityisesti hengitysäänimittauksia varten, mutta soveltuu myös mm. elimistön muiden äänien kuten sydänäänien mittaamiseen sekä moniin teollisuuden teknisiin mittauksiin.

Käytettävien mikrofonien 1, 2 kapselikoko on pieni ja niiden välinen etäisyys lyhyt, minkä ansiosta saavutettava kompensointikaista on laaja, alkaen alle 50 Hz:stä
20 ja ulottuen yli 5000 Hz:iin (kuvat 2 ja 3). Samalla konstruktiosta saadaan pieni, kevyt ja helppokäyttöinen; tämän vuoksi myös mikrofonien käyttöjännitteeksi tarvittava paristo on sijoitettu johdon 11 toiseen päähän. Toteutettuun anturirakenteeseen kuuluu tehokas passiivisesti vaimentava monikerroksinen kuoriossa 8, joka koostuu sisäkkäin rakennetuista kovista ja huokoisista kerroksista, joita esimerkkilaitteessa
25 on kaksi kerrosparia. Vaimennus on sitä tehokkaampi mitä useampia kerroksia rakenteessa on. Kuoriossa on liitetty ja mikrofonit istutettu tiiviisti akustisesti hyvään eristemateriaaliin 7, johon on työstetty kummankin mikrofonielementin eteen toisistaan erillään olevat kammiot 3 ja 4, minkä ansiosta pienestä välimatkasta huolimatta hyötysignaali ei siirry häiriömikrofoniin. Mikrofonien takasivut ovat välittömässä akustisessa yhteydessä toisiinsa kammion 5 kautta, jonka tehtävänä on toteuttaa passiivisen suojan 7, 8 läpi tulevan häiriösignaalin kytkeytyminen samanlaisena kumpaankin mikrofoniin. Hyötysignaali saadaan leveän ja matalan, jotka ominaisuudet vahvistavat signaalia, ja riittävän pienen akustisen kammion 3 kautta,
30 minkä ansiosta kammion resonanssitaajuus on niin ylhäällä, ettei se vääristä signaalia. Häiriöitä mittaavan mikrofonin 2 edessä on akustinen kammio 4, jonka tehtävänä on akustisesti samanlaistaa mikrofoneihin kytkeytyvää häiriösignaalia. Kammio 4 on kooltaan suunnilleen samankokoinen kuin kammio 3 käyttötilanteessa, koska kammio 3 pienenee konstruktiota potilaan iholle painettaessa ihon pullis-

tuessa hieman kammion sisään. Kammioista johtavat ulos ohuet paineentasausreiät 10, jotka on ulkopinnalla sijoitettu hyvin lähelle toisiaan. Reiät vähentävät mittauskohteesta aiheutuvia hyvin matalataajuisia painevaihteluja ja parantavat kompensointitulosta. Mikrofonien esivahvistimien komponentit 6 sisältävä sisätila on tehokkaasti vaimennusmateriaalilla 9 akustoitu kaiun ja resonanssien estämiseksi.

Aktiivinen vaimennus perustuu tässä keksinnössä kahteen identtiseen, keskenään hyvin lähekkäin sijoitettuun pienikokoiseen mikrofoniin, toteutetussa konstruktiossa kahteen mikrofoniin 1 ja 2, joiden signaalit voidaan yhdistää siten, että hyötysignaalissa olevat häiriöt vaimentuvat pelkästään häiriötä mittaavan mikrofonin 2 kautta saatavalla signaalilla. Anturikonstruktion suojakuorena olevan monikerroksisen, tehokkaan passiivisen melusuojan 8 tehtävänä on vaimentaa kaikkia, mutta ensisijaisesti korkeita taajuuksia. Passiivinen vaimennus vaikuttaa kumpaankin mikrofoniin tulevaan häiriösignaaliin samalla tavalla, ts. häiriöt ovat jo ennen aktiiviseen vaimennukseen menoa passiivisesti vaimentuneita. Aktiivisen vaimennuksen tehtävänä on vähentää ensisijaisesti matalia häiriötaajuuksia, joihin passiivinen suoja ei pienikokoisessa rakenteessa vaikuta fyysikaalisista syistä kovin tehokkaasti. Jotta anturikonstruktiolla saataisiin mahdollisimman hyvä signaali, täytyy hyötymikrofonilla olla hyvä kontakti mitattavaan pintaan. Tämä kytkentä tapahtuu suoraan ja tehokkaasti akustisen kammion 3 kautta, kun anturikonstruktiio painetaan mittauspintaa vasten. Jotta kompensoituminen olisi mahdollisimman tehokasta, täytyy häiriösignaalin kytkeytyä mahdollisimman samanlaisena kahteen mikrofoniin. Tämä toteutuu sitä tehokkaammin mitä lähempänä mikrofonit ovat toisiaan. Koska mikrofonit eivät voi olla aivan samassa pisteessä, tilannetta parantaa, jos mikrofonien akustiset olosuhteet, kuten niiden edessä olevat kammiot 3 ja 4 vastaavat akustisesti hyvin toisiaan ja takana oleva kammio 5 on samanlainen kummankin mikrofonin kannalta. Kammioista ulos johtavien paineentasausreikien 10 tulee myös olla samankokoiset ja yhtä pitkät. Jotta reikien kautta sisään tulevat ulkoiset paineheilahtelut tulisivat molemmille mikrofoneille samanaikaisesti, täytyy reikien ulostuloaukkojen sijoittua ulkopinnalla keskenään aivan lähekkäin. Reiät eivät kuitenkaan saa yhtyä, koska silloin hyötysignaali siirtyy heikentyneenä myös häiriömikrofonille kanavia 10 pitkin ja johtaa hyötysignaalin osittaiseen kompensoitumiseen.

Jotta mikrofonielementit voitaisiin sijoittaa hyvin lähelle toisiaan, ne täytyy upottaa tiiviisti jäykkään akustiseen eristemateriaaliin, konstruktiossa runkoon 7. Mikrofonien kapselit toimivat päätehtävänsä ohella akustisina tulppina, sillä kammion 3 kautta tuleva hyötysignaali ei saa päästä siirtymään mikrofonien taakse, jossa yh-

- dyskammio 5 yhdistää mikrofonit akustisesti läheisesti toisiinsa. Yhdyskammion tehtävänä on saattaa häiriösignaalin kytkeytyminen kumpaankin mikrofoniiin samanlaisena, jotta kompensointitulokset olisi mahdollisimman lähellä nollaa niin, että vain hyötysignaali jäisi puhtaana jäljelle. Pelkästään häiriöitä mittaavan mikrofonin
- 5 2 kammio 4 ei ole yhteydessä hyötysignaalin akustiseen kammioon 3, vaan välissä on tukeva runkomateriaalia 7 oleva tehokkaasti eristävä seinämä. Konstruktion sisätilaan on sijoitettu mikrofonien esivahvistimeen tarvittavat elektroniset komponentit 6. Vapaaksi jäävä tila on täytetty akustisesti vaimentavalla materiaalilla 9, jotta häiriöäänten taso olisi mahdollisimman alhainen, kaiuton ja resonoimaton.
- 10 Paineentasausreiät 10 päästävät jonkun verran painevaihtelua sisään eli mikrofonikapseleihin kytkeytyvä melutaso nousee, mutta samalla kompensoituminen paranee. Vaikutus on vahvasti riippuvainen reikien halkaisijasta ja pituudesta ja niiden suhteesta.
- 15 Kuvat 2 ja 3 esittävät toteutusesimerkkianturikonstruktion testaamiseksi tehtyjä taajuusvastemittaustuloksia. Kuvassa 2 on esitetty tasokäyrät valkoisessa kohinassa ja vaimennusvertailu, kun anturikonstruktio on viritettynä aktiiviseen vaimennukseen ja kuvassa 3 tasokäyrät valkoisessa kohinassa ja vaimennusvertailu, kun anturikonstruktio on viritettynä passiiviseen vaimennukseen. Toteutusesimerkille tunnusomaista on, että anturikonstruktio toteuttaa mitattaessa kuvissa 2 ja 3 esitetyt
- 20 aktiivista ja passiivista vaimennusta kuvaavat käyrät.
- Hyvälaatuisella hifikaiuttimella tuotettiin valkoista kohinaa HIFI-lehden julkaisemalta testi-CD-levyltä ja mittaukset tehtiin taajuuskaistalla 40 - 6000 Hz tavallisessa huoneessa. Kaiuttimen ja mikrofonin etäisyys oli 25 cm. Kuvassa 2 on mitattu tasokäyrät, kun anturikonstruktio on ollut viritettynä aktiiviseen vaimennukseen. Käyrä 'Kohina suoraan' on mitattu avoimella mikrofonilla. 'Hyötykanava' ja 'Melukanava' on mitattu laitteen normaalissa käyttötilanteessa taustakohinan aikana, kuitenkin ilman hyötysignaalia. Käyrien avulla voidaan tehdä vaimennusvertailu taajuusalueella 50 - 5000 Hz. Käyristä havaitaan, että passiivinen vaimennus vaikuttaa tehokkaasti vasta taajuudesta 2000 Hz ylöspäin, kun aktiivinen vaimennus alkaa alle 50 Hz:stä ja jatkuu 5000 Hz:iin asti. Hyötykanavaan verrattuna 'Kompensoitu' -käyrä eli aktiivinen vaimennus on merkittävää eli yli 10 dB, laajalla kaistalla, 60 - 3000 Hz, kun äänentuottojärjestelmissä voidaan saavuttaa korkeampiakin dB-arvoja, mutta huomattavasti kapeammalla kaistalla. Sopiva tapa vertailla kokonaistulosta on laskea desibeliarvot terssikaistoittain ja summata nämä. Keksinnöllä tehty kuvasta 2 laskettu kokonaisvaimennustulos on 231 terssidesibeliä, kun äänillä tehtävissä kompensoinneissa on päästy arvoihin Chelsean-menetelmä 87

terssidesibeliä ja lentäjän korvakuulokkeisiin tuotettu vastamelu 161 terssidesibeliä. US-patentissa 4 985 925 on päästy esitetyllä taajuuskaistalla 100 - 5000 Hz arvoon 207,70 terssidesibeliä, kun esillä olevalla keksinnöllä vastaavalla kaistalla on mitattu arvo 210,35 terssidesibeliä.

5

Kuvassa 3 on vertailun helpottamiseksi kolme samaa käyrää kuin kuvassa 2 ('Hyötykanava' = 'Akt. viritys'), mutta kuvan 2 melukanavan tilalla on kuvassa 3 'Pass. viritys', joka on mitattu siten, että anturikonstruktio on ollut viritettynä passiiviseen vaimennukseen, mikä tapahtui sulkemalla paineentasausreiät (10). Tällöin passiivinen vaimennus muuttuu kuvan 3 käyrän 'Akt. viritys' tasosta käyrän 'Pass. viritys' tasoon. Vertaamalla kuvan 3 käyriä 'Pass. viritys' ja 'Kompensoitu' havaitaan, että aktiivinen kompensointi vaimentaa määrän 0 - 12 dB taajuuskaistalla 100 - 2000 Hz. Vaimennuksen kokonaisvaikutus on 120 terssidesibeliä. Tätä vaimennusta voidaan pitää keksinnön aktiivisen vaimennuksen ansiosta tapahtuneena absoluuttisena parannuksena verrattuna passiivisella vaimennuksella saavutettuun tasoon. Keksintöä virittämällä ja kehittämällä on todennäköisesti mahdollisuus päästä vielä jonkin verran parempaan vaimennustulokseen.

10
15

Patenttivaatimukset

1. Häiriönvaimennusmenetelmä kiinteän aineen pinnalta mitattavan hyötysignaalin laadun parantamiseksi, kun häiriösignaali tulee ympäröivän väliaineen kautta ja kun ensimmäisellä mikrofonilla (1) mitataan hyötysignaalia ja häiriösignaalia ja
5 samanlaisella tai vastaavalla toisella mikrofonilla (2) mitataan pelkästään häiriösignaalia, **tunnettu** siitä, että passiivisen ja aktiivisen häiriönvaimennuksen vaikutukset yhdistetään siten, että

ensimmäinen mikrofoni (1) ja toinen mikrofoni (2) sijoitetaan toisistaan akustisesti eristettyinä akustisesti vaimentavan, resonanssit ja kaiut estävällä vaimennusmateriaalilla (9) varustetun suojakuoren (7, 8) sisään molemmille mikrofoneille
10 (1, 2) tulevan häiriösignaalin vaimentamiseksi passiivisesti olennaisesti yhtä voimakkaasti,

mikrofonit (1, 2) sijoitetaan samalla mahdollisimman pienelle etäisyydelle toisistaan, jotta häiriösignaali voidaan saada kytkeytymään mikrofoneille (1, 2)
15 olennaisen tarkasti samanlaisena,

häiriösignaalin kytkeytymistä mikrofoneille (1, 2) samanlaistetaan lisäksi kammiojärjestelyllä, johon kuuluvat ainakin toisiaan vastaavat ensimmäinen kammio (3), joka ensisijaisesti kytkee hyötysignaalin ensimmäiselle mikrofonille (1), ensimmäisen mikrofonin (1) edessä ja toinen kammio (4) toisen mikrofonin (2)
20 edessä, ja kammioiden paineentasausjärjestelyllä (10), ja

toiselta mikrofonilta (2) saadun signaalin mukainen signaali poistetaan ensimmäiseltä mikrofonilta (1) saadusta signaalista.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen häiriönvaimennusmenetelmä, **tunnettu** siitä,
25 että toiselta mikrofonilta (2) saadun signaalin mukainen signaali poistetaan ensimmäiseltä mikrofonilta (1) saadusta signaalista vähentämällä suoraan toiselta mikrofonilta (2) saatu signaali ensimmäiseltä mikrofonilta (1) saadusta signaalista.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen häiriönvaimennusmenetelmä, **tunnettu** siitä,
30 että ensimmäisen ja toisen mikrofonin (1, 2) signaalit johdetaan erillisinä jatkokäsitteltäviksi, jolloin toiselta mikrofonilta (2) saadun signaalin mukaisen signaalin poistaminen ensimmäiseltä mikrofonilta (1) saadusta signaalista tapahtuu signaalien käsittelyn ja/tai analysoinnin jälkeen.

4. Anturikonstruktio hyötysignaalin mittaamiseksi kiinteän aineen pinnalta, kun ympäröivän väliaineen kautta tulee häiriösignaali, konstruktion sisältäessä ensimmäisen mikrofonin (1) sekä hyötysignaalin että häiriösignaalin mittaamiseksi ja sa-
35

manlaisen tai vastaavan toisen mikrofonin (2) pelkästään häiriösignaalin mittaamiseksi, **tunnettu** siitä, että se sisältää:

akustisesti vaimentavan, resonanssit ja kaiut estävällä vaimennusmateriaalilla (9) varustetun suojakuoren (7, 8), jonka sisään ensimmäinen mikrofoni (1) ja toinen
5 mikrofoni (2) on istutettu mahdollisimman pienelle etäisyydelle toisistaan ja toisistaan eristettyinä, molemmille mikrofoneille (1, 2) tulevan häiriösignaalin vaimentamiseksi passiivisesti olennaisesti yhtä voimakkaasti ja sen mahdollistamiseksi, että passiivisesti vaimennettu häiriösignaali voi kytkeytyä molemmille mikrofoneille (1, 2) olennaisen tarkasti samanlaisena, sekä

10 häiriösignaalin mikrofoneille (1, 2) kytkeytymisen samankaltaistamiseksi lisäksi järjestelyyn, johon kuuluvat ainakin:

ensimmäisen mikrofonin (1) edessä kiinteän aineen pintaan, kun anturi on pintaa vasten, rajoittuva ensimmäinen kammio (3), jonka ensisijaisena tehtävänä on hyötysignaalin kytkeminen ensimmäiselle mikrofonille (1),

15 toisen mikrofonin (2) edessä ensimmäistä kammiota (3) vastaava, suojakuoren (7, 8) sisään muodostettu toinen kammio (4), sekä kammioden paineentasausjärjestely (10).

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että toinen
20 kammio (4) on muodostettu tilavuudeltaan olennaisesti yhtä suureksi kuin ensimmäinen kammio (3).

6. Patenttivaatimuksen 4 tai 5 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että sanottu järjestely häiriösignaalin mikrofoneille (1, 2) kytkeytymisen samankaltaistamiseksi sisältää lisäksi mikrofonit (1, 2) vastaaviin akustisiin kammioihin (3, 4)
25 nähden vastakkaisilta puoliltaan akustisesti toisiinsa yhdistävän symmetrisen onkalon (5) suojakuorimateriaalissa (7).

7. Jonkin patenttivaatimuksen 4 - 6 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä,
30 että kammioden (3, 4) paineentasausjärjestelyn muodostavat kammioihin (3, 4) suojakuoressa (7, 8) sen ulkopinnalta johtavat vastaavat ohuet paineentasausreiät (10), jotka ovat yhtä pitkät ja yhtä etäällä mikrofoneista (1, 2) ja sijoittuvat suojakuoren (7, 8) ulkopinnalla välittömästi vierekkäin.

35 8. Jonkin patenttivaatimuksen 4 - 7 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen akustinen kammio (3) on muotoiltu siten, että mittauspinnan suhde kammion tilavuuteen on suuri, jolloin saadaan aikaan vahvistusvaikutus
hyötysignaaliin.

9. Jonkin patenttivaatimuksen 4 - 8 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen mikrofoni (1) toimii samalla tulppana eli osana mikrofonien (1, 2) välistä passiivista suojaa, jolla estetään hyötysignaalin pääsy toiselle mikrofonille (2).

5

10. Jonkin patenttivaatimuksen 4 - 9 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että suojakuori (7, 8) muodostuu monikerroksisesta kuoresta (8) ja akustisesti hyvin vaimentavasta runkomateriaalista (7).

10 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että runkomateriaali (7) on akustisesti hyvin vaimentavaa kumimateriaalia.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen anturikonstruktio, **tunnettu** siitä, että monikerroksinen kuori (8) koostuu kovista muovikerroksista ja niiden välissä olevasta huokoisesta solukumista.

15

Patentkrav

1. Förfarande för störningsdämpning för att förbättra kvaliteten av en nyttsignal som mäts på ytan av ett fast ämne, då störningssignalen kommer via ett omgivande medium och då en nyttsignal och en störningssignal uppmäts med en första mikrofon (1) och endast störningssignal uppmäts med en likadan eller motsvarande andra mikrofon (2), **kännetecknat** av att effekterna av passiv och aktiv störningsdämpning kombineras så att

25 den första mikrofonen (1) och den andra mikrofonen (2) placeras akustiskt isolerade från varandra i ett skyddshölje (7, 8) försett med ett akustiskt dämpande material (9), som förhindrar resonanser och ekon, för att passivt dämpa en störningssignal som kommer till vardera mikrofonen (1, 2) väsentligt med samma effekt,

30 mikrofonerna (1, 2) placeras samtidigt på minsta möjliga avstånd från varandra, för att få störningssignalen att kopplas till mikrofonerna (1, 2) i likadan form med väsentlig noggrannhet,

35 kopplingen av störningssignalen till mikrofonerna (1, 2) förenhetligas dessutom med ett kammararrangemang, omfattande sinsemellan motsvarande en första kammare (3), som i första hand kopplar en nyttsignal till en första mikrofoni (1), framför den första mikrofonen (1), och en andra kammare (4) framför den andra mikrofonen (2), och med ett arrangemang (10) för tryckutjämning mellan kamrarna, och

en signal enligt signalen från den andra mikrofonen (2) avlägsnas från signalen från den första mikrofonen (1).

2. Förfarande för störningsdämpning enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att en
5 signal enligt signalen från den andra mikrofonen (2) avlägsnas från signalen från den första mikrofonen (1) genom att subtrahera signalen som erhållits direkt från den andra mikrofonen (2) från signalen från den första mikrofonen (1).

3. Förfarande för störningsdämpning enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
10 signalerna från den första och den andra mikrofonen (1, 2) leds skilt till vidarebehandling, varvid avlägsnandet av signalen enligt signalen från den andra mikrofonen (2) från signalen från den första mikrofonen (1) sker efter behandling och/eller analys av signalerna.

15 4. Givarkonstruktion för mätning av en nyttsignal på ytan av ett fast ämne, då en störningssignal kommer via ett omgivande medium, omfattande en första mikrofon (1) för mätning av såväl nyttsignalen som störningssignalen, och en likadan eller motsvarande andra mikrofon (2) för mätning av endast störningssignalen, **kännetecknad** av att den innehåller:

20 ett skyddshölje (7, 8) försett med ett akustiskt dämpande material (9), som förhindrar resonanser och ekon, i vilket den första mikrofonen (1) och den andra mikrofonen (2) är installerade på möjligast korta avstånd från varandra och isolerade från varandra, för att passivt dämpa en störningssignal till vardera mikrofonen (1, 2) med väsentligt samma effekt, och för att möjliggöra att den passivt dämpade
25 störningssignalen kan kopplas till vardera mikrofonen (1, 2) i samma form med väsentlig noggrannhet, samt

 dessutom ett arrangemang för att förenhetliga kopplingen av störningssignalen (1, 2) som omfattar åtminstone:

 en första kammare (3) som avgränsar mot ytan av det fasta ämnet framför den
30 första mikrofonen (1) då givaren ligger mot ytan och som har som huvudsaklig uppgift att koppla nyttsignalen till den första mikrofonen (1),

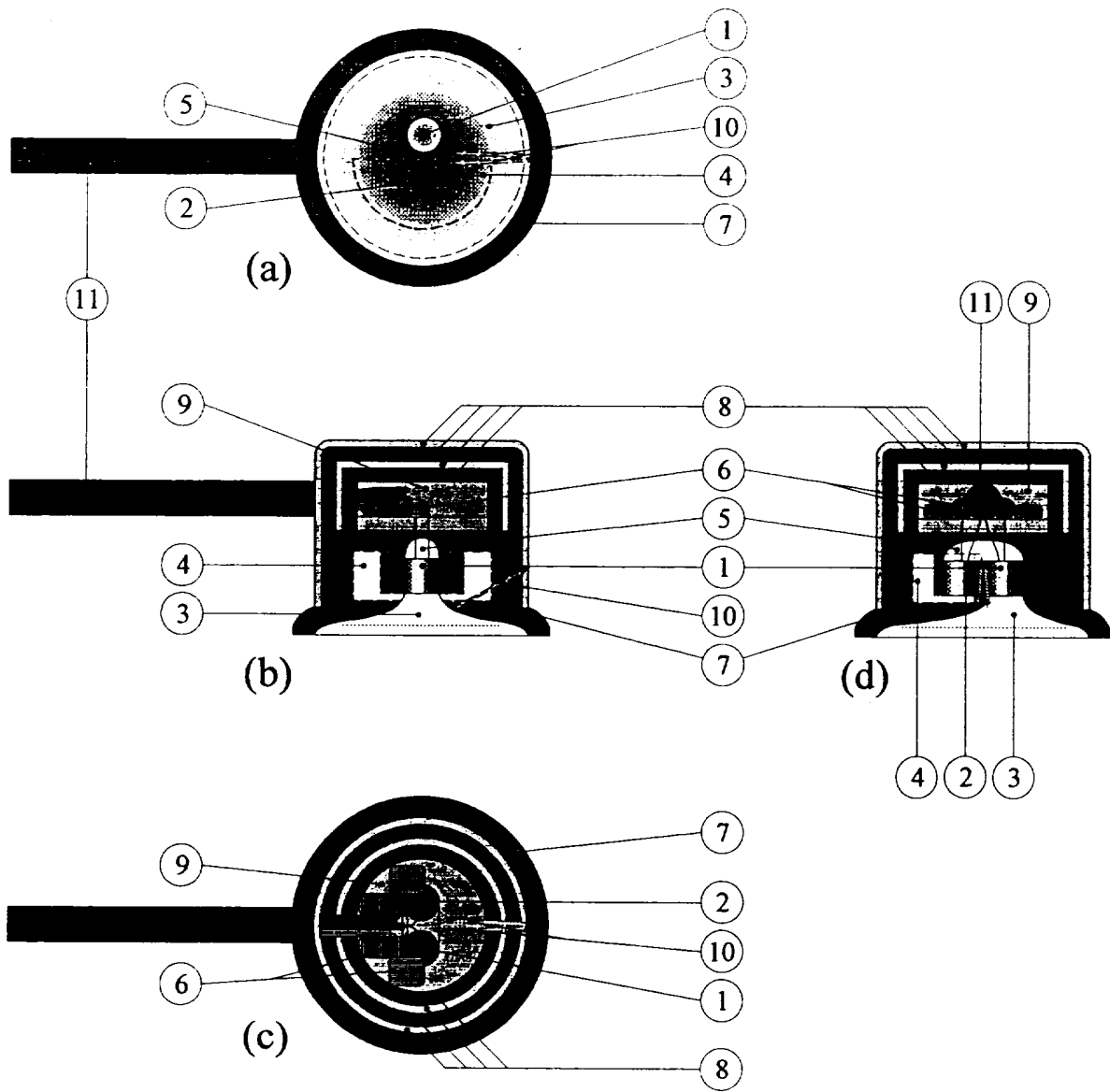
 en andra kammare (4) utformad i höljet (7, 8) och motsvarande den första kammaren (3) framför den andra mikrofonen (2) samt

 ett arrangemang (10) för tryckutjämning mellan kamrarna.

35

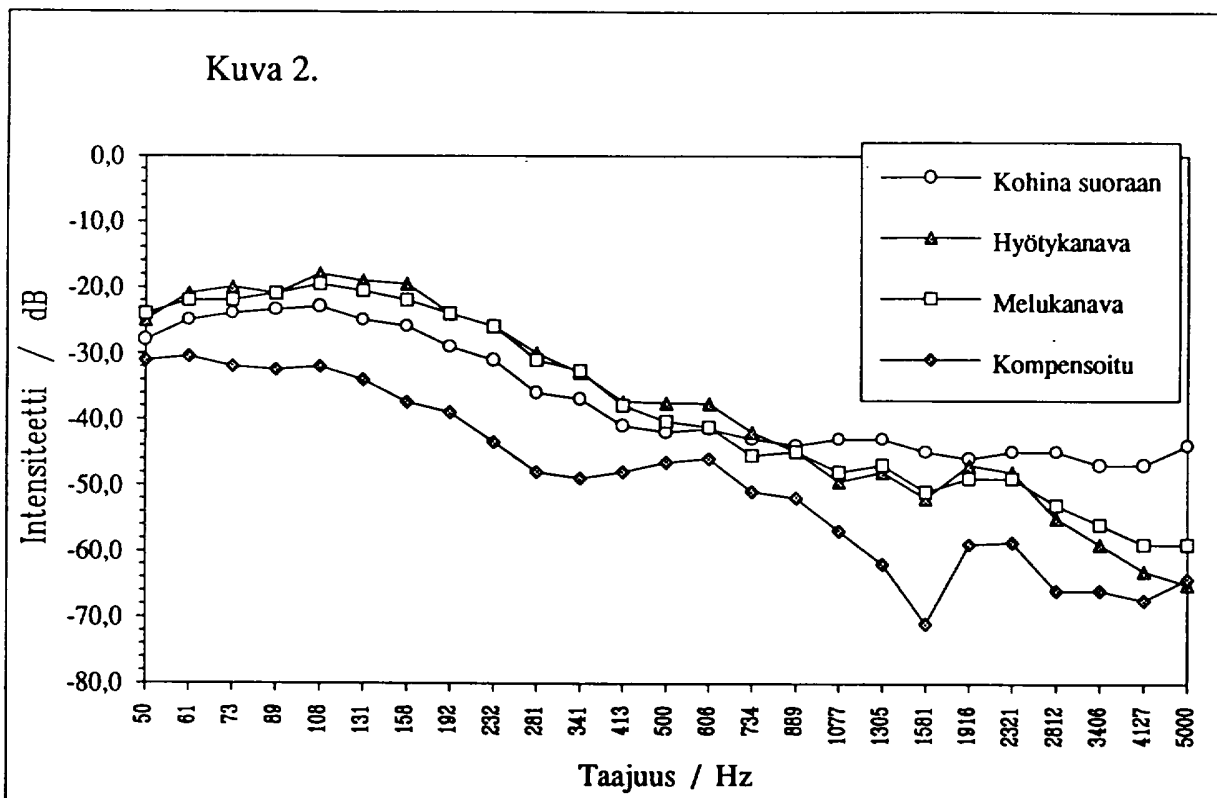
5. Givarkonstruktion enligt patentkrav 4, **kännetecknad** av att den andra kammaren (4) utformats med väsentligt lika stor volym som den första kammaren (3).

6. Givarkonstruktion enligt patentkrav 4 eller 5, **kännetecknad** av att nämnda arrangemang för förenhetligande av kopplingen av en störningssignal till mikrofonerna (1, 2) dessutom innehåller ett symmetriskt insprång (5) i skyddshöljets material (7) som förbinder mikrofonerna (1, 2) akustiskt till varandra från motsatta sidor till motsvarande akustiska kammare (3, 4).
7. Givarkonstruktion enligt något av patentkraven 4 - 6, **kännetecknad** av att arrangemanget för tryckutjämning mellan kamrarna (3, 4) utgörs av respektive tunna tryckutjämningshål (10), vilka leder till kamrarna (3, 4) genom yttre ytan av skyddshöljet (7, 8) och vilka är lika långa och på samma avstånd från mikrofonerna (1, 2) och ligger omedelbart intill varandra på den yttre ytan av skyddshöljet (7, 8).
8. Givarkonstruktion enligt något av patentkraven 4 - 7, **kännetecknad** av att den första akustiska kammaren (3) utformats så att mätytans förhållande till kammarens volym är stort, varvid en förstärkande effekt på nyttsignalen åstadkomms.
9. Givarkonstruktion enligt något av patentkraven 4 - 8, **kännetecknad** av att den första mikrofonen (1) samtidigt fungerar som en propp, dvs. som en del av det passiva skyddet mellan mikrofonerna (1, 2), med vilket förhindras att nyttsignalen når den andra mikrofonen (2).
10. Givarkonstruktion enligt något av patentkraven 4 - 9, **kännetecknad** av att skyddshöljet (7, 8) består av ett flerskiktat hölje (8) och ett stommaterial (7) med god akustisk dämpningsförmåga.
11. Givarkonstruktion enligt patentkrav 10, **kännetecknad** av att stommaterialet (7) är ett gummimaterial med god akustisk dämpningsförmåga.
12. Givarkonstruktion enligt patentkrav 10 eller 11, **kännetecknad** av att det flerskiktade höljet (8) består av hårda plastskikt med inflikat poröst cellgummi.



Kuva 1.

Kuva 2.



Kuva 3.

