FI000112750B

(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 112750 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats **31.12.2003**

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

H04B 15/00, 1/10

(21) Patenttihakemus - Patentansökning **956122**

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag **19.12.1995**

(24) Alkupäivä - Löpdag **20.04.1995**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig **08.02.1996**

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan **PCT/US95/05139**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

21.04.1994 US 230916 P

SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(73) Haltija - Innehavare

1 •Ericsson, Inc., One Triangle Drive, P.O. Box 13969, Research Triangle Park, NC 27709, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Lindell,Karl B., Mjölnarstigen 4, 181 46 Lidingö, SVERIGE, (SE)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab
Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

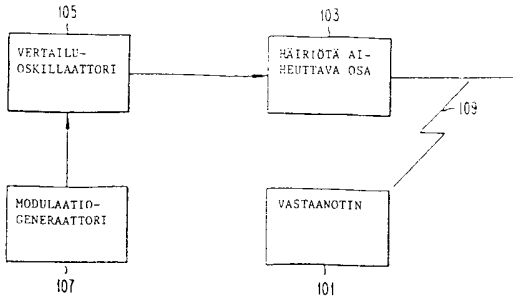
Oskillaattoreiden keskinäisvaikutusten vähentäminen elektronisissa laitteissa
Reducering av oskillatorers samverkan i elektroniska apparater

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP 163313 A2

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena olevassa elektronisessa laitteessa, joka sisältää vertailuoskillaattorin (105) ja häiriöosan (103), joka kehittää häiriösignaalin, jolla on spektrikomponentti vastaanottimen (101) kaistanleveydellä, oskillaattorin (105) syöttäessä oskilloivan vertailusignaalin, josta häiriösignaali aiheutuu, häiriöosaan (103), vastaanottimen (101) kaistanleveydellä olevan häiriösignaalin amplitudi pienennettäessä kulmamoduloimalla oskilloiva vertailusignaali sinimuotoisella signaalilla kulmamoduloidun häiriösignaalin kehittämiseksi, jolla on pienentynyt kantoaallon amplitudi ja jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen (101) kaistanleveyden ulkopuolella. Kulmamoduloidulla häiriösignaalilla on edullisesti modulaatioindeksi, (ß), joka on lähellä yhtälön $J_0(ß) = 0$ ratkaisua, missä J_0 on ensimmäisen asteen Besselin funktio. Kulmamodulaatio voidaan toteuttaa myös taajuusmoduloimalla oskillaattori (105) suoraan sinimuotoisella signaalilla moduloidun vertailusignaalin kehittämiseksi ja syöttämällä se häiriöosaan, tai vaihemoduloimalla oskilloiva vertailusignaali sinimuotoisella signaalilla ennen sen syöttämistä häiriöosaan (103). Häiriösignaalilla ollessa häiriöspektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, sen amplitudi pienennetään käyttämällä determinististä, ei-kohinaista modulaatiosignaalia, kuten saha-aaltoa, kellosignaalin kulmamoduloimiseksi, josta häiriösignaali on johdettu.



I en föremål för uppfinningen utgörande elektronisk anordning omfattande en referensoscillator (105) och en interferensdel (103), som alstrar en interferenssignal med en spektralkomponent inom mottagarens (101) bandvidd, varvid oscillatorn (105) till interferensdelen (103) avger en oscillerande referenssignal från vilken interferenssignalen härrör, minskas amplituden hos interferenssignalen inom mottagarens bandvidd medelst vinkelmodulering av referenssignalen med en sinussignal för generering av en vinkelmodulerad interferenssignal med minskad bärvågsamplitud och moduleringssidoband utanför mottagarens (101) bandvidd. Den vinkelmodulerade interferenssignalen har företrädesvis ett moduleringsindex (ß), som ligger nära lösningen av ekvationen $J_0(ß) = 0$, vari J_0 är en Bassel-funktion av första slaget. Vinkelmoduleringen kan alternativt utföras genom applicering av direkt frekvensmodulering på referensoscillatorn (105) med sinussignalen för generering av en modulerad referenssignal och därefter applicera den modulerade referenssignalen på interferensdelen (103), eller genom fasmodulering av referenssignalen med sinussignalen innan den förs till interferensdelen (103). Då interferenssignalen har en interfererande spektralkomponent inom mätningsbandvidden, minskas amplituden hos den interfererande spektralkomponenten genom användning av en deterministisk brusfri moduleringssignal, såsom en moduleringssignal med sågtandsform, för att vinkelmodulera en klocksignal, från vilken interferenssignalen härleds.

Oskillaattoreiden keskinäisvaikutusten vähentäminen elektronisissa laitteissa

Tausta

Esillä oleva keksintö kohdistuu oskillaattoreihin ja kelloihin elektronisessa laitteistossa, ja erityisesti menetelmiin ja laitteisiin kyseisistä oskillaattoreista ja kelloista tulevien ei-toivottujen sähkömagneettisten emissioiden vähentämiseksi.

Moderni elektroninen laitteisto on paljolti riippuvainen kellojen ja oskillaattoreiden käytöstä. Esimerkkejä kyseisistä laitteistoista ovat henkilökohtaiset tietokoneet, kotielektroniikka ja kodinkoneet (jotka nykyisin sisältävät tyypillisesti mikroprosessoreja ja digitaalisia piirejä), puhelinkeskukset, radiolaitteistot (mukaan lukien solukkopuhelimet) ja mikä hyvänsä laite, jossa on kytkentää hyväksikäyttävä teholähde, vain muutaman mainitsemiseksi.

Eräs oskillaattorien ja kellojen luonteenomainen piirre on sähkömagneettisen energian ei-toivotun emission tuotanto, mikä voi aiheuttaa ongelmia ei vain toiselle läheiselle laitteistolle vaan myös ympäröiville piireille samassa laitteiston osassa kuin oskillaattorit ja kellot. Esimerkiksi radiovastaanottimessa ympäröivässä piirissä sijaitseva oskillaattori voi aiheuttaa häiriötä radiovastaanottimessa emittoimalla ei-toivottuja signaaleja taajuudella, jolla vastaanotin on herkkä häiriölle, kuten tarkoitetulla vastaanottokanavalla tai välitaajuudella välitaajuusvastaanottimessa. (Kuten tässä selostuksessa on käytetty, sana "häiriö" viittaa joko säteilleeseen tai johtuneeseen häiriöön.) Monissa radiorakenteissa kaikki sisäisesti käytetyt oskillaattoritaajuudet johdetaan yhdestä ainoasta erittäin tarkasta vertailuoskillaattorista, joka voi tuottaa häiriötä oskillaattorin perustaajuudella, harmonisella taajuudella ja aliharmonisella taajuudella.

Voisi olla epäkäytännöllistä tai mahdotonta virittää sivuun oskillaattori tämän häiriön välttämiseksi, koska oskillaattorin taajuusvirhe on liian suuri tätä tarkoitusta varten. Näin on usein laita solukkopuhelimissa ja vastaavissa tukiasemissa sekä monissa muissa radiorakenteissa.

Eräs tunnettu ratkaisu ongelmaan kellosignaalin kehittämän harmonisen häiriön vähentämiseksi radiovastaanottimessa on esitetty julkaisussa US-5 263 055, Cahill, 16.11.1993. Tässä patenttijulkaisussa esitetään taajuuden hajontasignaalin generaattorin ja signaalimodulaattorin käyttö. Taajuuden hajontasignaali tuotetaan näennäissatunnaisella kohinageneraattorilla, ja sillä on valkoisen kohinan ominaisuudet. Signaalimodulaattori moduloi kellosignaalin taajuuden hajontasignaalilla moduloidun kellosignaalin tuottamiseksi, joka sisältää moduloidun harmonisen taajuuskomponentin. Tämä johtaa moduloidun harmonisen taajuuskomponentin tehotason, joka vastaa suodatettua signaalia häiritsevää harmonista taajuuskomponenttia, hajoamiseen taajuuskaistanleveydelle, joka on suurempi kuin ennalta määrätty taajuuskaistanleveys, mikä siten aiheuttaa moduloidun harmonisen taajuuskomponentin tehotason pienenemisen ennalta määrätyllä taajuuskaistanleveydellä.

JP-patenttijulkaisussa nro 61-95 651, julkaistu 14.5.1986, esitetään järjestelmä, joka on hyvin lähellä Cahillin patenttijulkaisussa esitettyä. Radiovastaanottimessa vertailusignaaliin, jonka keskitaajuus on f_0, jota käytetään ajastussignaalina vastaanottimessa, kohdistetaan kulmamodulaatio modulointilähteestä saatavalla kohinasignaalilla. Kun vastaanotettavan signaalin keskitaajuus on riittävästi suurempi kuin vertailusignaalin taajuus f_0, keskeytyksen s aiheuttavan n:nnen harmonisen taajuusspektri hajoaa laajalle ja häiriö pienenee huomattavasti.

Sekä Cahillin että JP-patenttijulkaisussa esitettyyn tekniikkaan liittyy ongelma, että kohinasignaalin käytöllä vertailusignaalin harmonisten hajottamiseksi ei

aikaansaada kykyä eliminoida kaikkia sivukaistoja vastaanottimen kaistanleveydellä. (Tässä yhteydessä vastaanottimen kaistanleveys tarkoittaa taajuuskaistaa nimetyn kanavataajuuden ympärillä, jossa häiritsevät signaalit voivat huonontaa vastaanottoa, kun vastaanotin on viritetty kanavalle.) Parhaimmillaan nämä sivukaistat voivat vaimentua jonkin verran vaimennuksen määrän vastatessa vastaanottimen kaistanleveyden suhdetta hajotuskaistanleveyteen.

Toinen haittapuoli näissä järjestelmissä on se, että itse kohinageneraattorit ovat monimutkaisia toteuttaa ja tekevät piirin kalliimmaksi suunnitella ja rakentaa.

Vastaavia ei-toivottuja emissio-ongelmia esiintyy toisentyyppisissä elektronisissa laitteistoissa, jotka sisältävät oskillaattoreita ja kelloja, joilla on määrätty vakiotaajuus. Kyseisissä laitteistoissa on usein, että monia muita signaaleja on johdettu kello- ja oskillaattorisignaaleista sellaisella tavalla, että ei-toivottu emissio esiintyy viivaspektrin muodossa, suuren kaistanleveyden peittäen. Emittoidussa spektrissä on usein hallitsevia komponentteja kellotaajuuden monikerroilla tai kellotaajuuden aliharmonisten monikerroilla. Komponenttien tarkka paikka ja amplitudi voi vaihdella laitteiston tilasta riippuen, mutta hallitsevat viivat pysyvät edelleen.

Useiden kello- ja oskillaattoriperustaisten järjestelmien välisten potentiaalisten samanaikaisuusongelmien johdosta kyseisen laitteiston vaaditaan täyttävän sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskevia kansallisia ja kansainvälisiä standardeja. Nämä standardit määrittävät sähkömagneettisen säteilyn maksimitason, jonka elektronisen laitteiston osan sallitaan säteillä. Ei-toivottu emissio mitataan usein teknisten standardien mukaisesti käyttäen kvasihuippuilmaisinta 120 kHz:n kaistanleveydellä. Emittoidussa spektrissä oleva viiva antaa ilmaisimesta amplitudiaan vastaavan annon. Jos ilmaisimen kaistanlevey-

dellä on useita viivoja, niin silloin anto on suunnilleen niiden amplitudien summa.

Elektronisissa piireissä emissio pidetään perinteisesti maksimirajojen alapuolella huolellisella piirilevyn suunnittelulla, erottamisella ja suojauksella käyttämällä symmetrisiä johtoja, pieniä tehotasoja ja muita yleisesti tunnettuja suunnitteluperiaatteita. Nämä tekniikat ovat kuitenkin usein riittämättömiä ei-toivottujen emissioiden pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle.

Siksi on toivottavaa aikaansaada menetelmä ja laite, joka voi vaimentaa kellon ja oskillaattorin ei-toivotun sähkömagneettisen energian emission tasolle, jolla estetään häiriö toisten läheisten piirien ja laitteistojen kanssa.

On myös toivottavaa aikaansaada menetelmä ja laite, joka voi vaimentaa kellon ja oskillaattorin ei-toivotun sähkömagneettisen energian emission tasolle, joka tyydyttää kyseistä emissiota koskevia eri kansallisia ja kansaivälisiä standardeja.

Yhteenveto

Esillä olevan keksinnön erästä näkökohtaa voidaan soveltaa elektronisessa laitteessa, joka sisältää vertailuoskillaattorin ja häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää häiriösignaalin, jossa on spektrikomponentti vastaanottimen kaistanleveydellä, vertailuoskillaattorin syöttäessä oskilloivan vertailusignaalin häiriötä aiheuttavaan osaan, josta oskilloivasta vertailusignaalista häiriösignaali on johdettu. Esillä olevan keksinnön mukaisesti häiriösignaalin amplitudi vastaanottimen kaistanleveydellä pienennetään kulmamoduloimalla oskilloiva vertailusignaali sinimuotoisella moduloivalla signaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaation sivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella, ja pienennetyn kantoaaltokomponentin vastaanottimen kaistanleveydellä.

Esillä olevan keksinnön edullisessa suoritusmuodossa sinimuotoisesti moduloidulla häiriösignaalilla on modulaatioindeksi, ß, joka on lähellä yhtälön $J_0(ß) = 0$ ratkaisua, missä J_0 on ensimmäisen asteen Besselin funktio. Tyydyttävä ß:n arvo voi olla sellainen, joka riittävästi pienentää moduloidun häiriösignaalin kantoaaltojännitettä tasolle, joka tuottaa hyväksyttävän määrän vastaanottimen häiriötä. Modulaatiosignaalin taajuus valitaan siten, että modulaation sivukaistat osuvat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolelle. Vastaanottimen kaistanleveyden ylittävä modulaatiotaajuus on toimiva sijaitsee häirötä aiheuttava kantoaalto missä kohtaa kaistanleveyttä tahansa. Puolet kaistanleveydestä riittää, jos kantoaalto on tarkalleen kaistanleveyden keskikohdassa.

Kulmamodulaatio voidaan toteuttaa syöttämällä suora taajuusmodulaatio vertailuoskillaattoriin sinimuotoisen modulaatiosignaalin kanssa moduloidun vertailusignaalin kehittämiseksi, ja syöttämällä sen jälkeen moduloitu vertailusignaali häiröitä aiheuttavaan osaan kulmamoduloidun häiriösignaalin kehittämiseksi, jossa on spektrikomponentteja, jotka ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella. Vaihtoehtoisesti kulmamodulaatio voidaan suorittaa vaihemoduloimalla oskilloiva vertailusignaali sinimuotoisella modulaatiosignaalilla ennen sen syöttämistä häiriötä aiheuttavaan osaan, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella. Kun tätä jälkimmäistä menetelmää käytetään, moduloimaton oskilloiva vertailusignaali voidaan syöttää elektronisen laitteiston häiriötä aiheuttamattomaan osaan. Tämä on hyödyllistä, kun moduloimaton signaali halutaan syöttää ei-häiritsevään osaan.

Esillä olevan keksinnön erästä toista näkökohtaa voidaan soveltaa elektronisessa laitteessa, joka sisältää oskillaattorin, joka kehittää häiriösignaalin, jossa on

häiriötä aiheuttava spektrikomponentti mittauskaistanleveydellä. Keksinnön mukaisesti häiriö pienennetään käyttämällä deterministä, ei-kohinaista modulaatiosignaalia, kuten saha-aallon muotoista modulaatiosignaalia kellosignaalin kulmamoduloimiseksi, josta häiriösignaali johtuu, häiriösignaalin tuottamiseksi kulmamoduloiduksi häiriösignaaliksi, jolla on pienennetty spektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, tämän pienennetyn spektrikomponentin ollessa pienempi kuin häiriötä aiheuttava spektrikomponentti.

Vaihe kellosignaalin kulmamoduloimiseksi, josta häiriösignaali on johdettu, voi käsittää vaiheina suoran taajuusmodulaation syöttämisen vertailukelloon, joka kehittää vertailukellosignaalin, ja taajuusmoduloidun kellosignaalin syöttämisen sen jälkeen emission kehittävään piiriin elektronisessa laitteessa kellosignaalin sijaan emission kehittävän signaalin ollessa vastuussa häiriösignaalin kehittämisestä. Vaihtoehtoisesti vaihe kellosignaalin kulmamoduloimiseksi, josta häiriösignaali on johdettu, voi käsittää kellosignaalin vaihemoduloimisen, ja vaihemoduloidun kellosignaalin syöttämisen sen jälkeen emission kehittävään piiriin elektronisessa laitteessa kellosignaalin sijaan emission kehittävän piirin ollessa vastuussa häiriösignaalin kehittämisestä.

Keksinnön tämän näkökohdan mukaisessa eräässä suoritusmuodossa kulmamoduloidun häiriösignaalin modulaatiokaistanleveys ylittää mittauskaistanleveyden.

Keksinnön vielä erään toisen näkökohdan mukaisesti, jossa itse kellopiiri kehittää yhdistetyn signaalin, joka käsittää häiriösignaalin halutun kellosignaalin lisäksi, häiriö voidaan pienentää kulmamoduloimalla yhdistetty signaali, kuten edellä on selostettu.

Piirustusten lyhyt kuvaus

Keksinnön tavoitteet ja edut ovat ymmärrettävissä seuraavasta yksityiskohtaisesta selostuksesta ja piirustuksista, joissa:

Kuvio 1 esittää lohkokaaviona elektronista laitteistoa, joka sisältää ensimmäisen suoritusmuodon keksinnön ensimmäisen näkökohdan mukaisesti;

Kuviot 2a-b esittävät graafisina vertailuina emissiotasoja, joita piiri tuottaa keksinnön ensimmäisen näkökohdan mukaista tekniikkaa käyttämällä ja käyttämättä;

Kuvio 3 esittää lohkokaaviona keksinnön ensimmäisen näkökohdan mukaista vaihtoehtoista suoritusmuotoa;

Kuvio 4 esittää lohkokaaviona elektronista laitteistoa, joka sisältää keksinnön toisen näkökohdan mukaisen suoritusmuodon;

Kuviot 5a-b esittävät graafisina vertailuina piirin tuottamia emissiotasoja keksinnön toisen näkökohdan mukaista tekniikkaa käyttämällä ja käyttämättä;

Kuvio 6 esittää lohkokaaviona vielä erästä keksinnön toisen näkökohdan mukaista suoritusmuotoa;

Kuvio 7 esittää graafisesti kellosignaalia, joka on moduloitu saha-aaltomuodolla esillä olevan keksinnön erään näkökohdan mukaisesti;

Kuviot 8a-d esittävät graafisesti testien kokeellisia tuloksia, joissa käytetään useita keksinnön mukaisia tekniikoita; ja

Kuvio 9 esittää piirikaaviona tunnetun tekniikan mukaista vaihemodulaattoripiiriä.

Yksityiskohtainen kuvaus

Esillä olevan keksinnön useita näkökohtia kuvataan seuraavassa sen useisiin suoritusmuotoihin viitaten. Ensimmäiseksi esitetään useita suoritusmuotoja, jotka kykenevät pienentämään oskillaattorista tulevaa radiovastaanottimen häiriötä. Seuraavaksi selostetaan keksinnön suoritusmuotoja, jotka kykenevät vaimentamaan kellosta tai oskillaattorista tulevia ei-toivottuja häiriöitä tasoille, jotka tyydyttävät kyseistä emissiota koskevia kansallisia ja kansainvälisiä standardeja. Kaikissa tapauksissa kulma-

modulaatio kohdistetaan oskillaattorisignaaliin ei-toivotun emission toteuttamiseksi.

Viitaten nyt kuvioon 1 esitetään elektronisen laitteiston lohkokaavio, joka sisältää keksinnön ensimmäisen suoritusmuodon. Elektroninen laitteisto voi esimerkiksi olla radiolaitteisto, joka sisältää vastaanottimen 101. Tässä esimerkissä halutaan estää häiriötä aiheuttavaa osaa 103, joka voi olla ohjauslogiikkapiiri, kehittämästä voimakasta häiriösignaalia 109 vastaanottimen 101 vastaanottotaajuudella. Tätä esimerkkiä varten oletetaan, että vastaanottotaajuus on 422,4 MHz ja että häiriötä aiheuttava osa 103 käyttää 6,4 MHz:n kellosignaalia, joka on johdettu vertailuoskillaattorista 105, joka oskilloi 12,8 MHz:n taajuudella. Siten on olemassa mahdollisuus, että häiriötä aiheuttava osa 103 kehittää häiriösignaalin, joka käsittää kellotaajuuden 66. harmonisen. Alan ammattimies havaitsee, että vaikka vertailuoskillaattori 105 ja häiriötä aiheuttava osa 103 voivat olla erillisiä osia, kuten on kuvattu, ne voivat vaihtoehtoisesti olla yksi ja sama osa. Toisin sanoen vertailuoskillaattorin on myös mahdollista kehittää ei-toivottuja harmonisia, jotka aiheuttavat häiriötä vastaanottimen kaistanleveydellä. Kuitenkin pelkästään keksinnön useiden ominaisuuksien havainnollistamistarkoituksia varten seuraava kuvaus käsittelee vertailuoskillaattoria 105 ja häiriötä aiheuttavaa osaa 103 erillisinä yksikköinä. Tästä käsittelystä huolimatta tässä kuvatut periaatteet ja tekniikat soveltuvat yhtä hyvin tapaukseen, jossa itse vertailuoskillaattori kehittää ei-toivotun häiriösignaalin.

Keksinnön mukaisesti häiriösignaali vaimennetaan nopeasti kohdistamalla kulmamodulaatio vertailuoskillaattoriin 105. Kuten on kuvattu kuviossa 1, kulmamodulaatio toteutetaan vertailuoskillaattorin 105 suoran taajuusmodulaation avulla. Tämä tekniikka soveltuu yhtä hyvin tapaukseen, jossa vertailuoskillaattori (105) ja häiriötä ai-

heuttava osa (103) ovat yksi ja sama, kuten edellä on mainittu. Ennestään tunnetaan tekniikkoja oskillaattorin taajuusmoduloimiseksi, eikä niitä selosteta tässä yksityiskohtaisesti. Alan ammattimiehet havaitsevat, että sama kulmamodulaatio voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa kohdistamalla vaihemodulaatio vertailuoskillaattorin 105 antoon. Kummassakin tapauksessa modulointisignaaliksi valitaan deterministinen, ei-kohinainen signaali (vastakohtana satunnaisille tai näennäissatunnaisille signaaleille, joilla on valkoisen kohinan ominaisuudet), edullisesti sinimuotoinen, joka tuottaa moduloidun signaalin, jolla on modulaatioindeksi, joka saa kantoaaltotaajuussignaalin pieneksi vastaanottotaajuudella. Deterministisen ei-kohinaisen modulaatiosignaalin, kuten siniaaltomuodon, valinta aaltomuodon sijaan, jolla on valkoisen kohinan ominaisuudet, sallii keksinnön saavuttaa suuremman vaimennuksen tietyllä kaistanleveydellä häiriötä aiheuttavan harmonisen taajuuden ympärillä. Tämä siitä syystä, koska sinimuotoinen modulaatio voidaan tehdä siten, että kaikki sivukaistat sijaitsevat tietyn kaistanleveyden ulkopuolella. Vertailun vuoksi valkoisen kohinan käyttö modulaatiosignaalina sallii vain vaimennuksen, joka vastaa vastaanottimen kaistanleveyden suhdetta hajotuskaistanleveyteen. Siten esillä oleva keksintö sallii oleellisen vaimennuksen saavuttamisen merkittävästi pienemmällä modulaatiolla, kun valitaan oikein valittu modulointisignaali.

Sinimuotoinen modulaatiosignaali tulee valita siten, että modulaatiosignaalin modulaatioindeksi valitaan lähelle yhtälön $J_0(\beta)$ ratkaisuja, missä β on modulaatioindeksi ja J_0 on ensimmäisen asteen Besselin funktio. Esimerkiksi edullisessa suoritusmuodossa modulaatioindeksi β valitaan (esimerkiksi Besselin funktioiden taulukosta) siten, että se tyydyttää suhteen $J_0(\beta) \leq R$, missä R on haluttu moduloidun signaalin pienennetyn kantoaaltojännitteen tason suhde moduloimattoman signaalin kantoaaltojännitteen

tasoon. Esimerkiksi jos R = 0,1 (vastaa 20 dB:n pienennystä), on ß:n arvo välillä 2,2 ja 2,4 häiriötaajuudella tyydyttävä. Alan ammattimies havaitsee, että R:n hyväksyttävä arvo riippuu tietyn vastaanottimen herkkyydestä häiriölle. Edelleen valitaan modulaatiotaajuus, joka tuottaa modulaation sivukaistoja vastaanottimen taajuuden kaistanleveyden ulkopuolelle. Kuviossa 1 esitetyssä esimerkissä häiriösignaali 109 pienenee käyttämällä modulaatiogeneraattoria 107 vertailuoskillaattorin 105 annon moduloimiseksi modulaatiosignaalin avulla, jonka modulaatioindeksi on 2,4 taajuudella 422,4 MHz ja modulaatiotaajuus 60 kHz, jolloin modulaation sivukaistat ovat vastaanottimen 8 kHz:n kaistanleveyden ulkopuolella. Tämä vaimennus johtuu siitä, että tietyillä modulaatioindekseillä (esimerkiksi arvon 2,4 läheisyydessä) moduloidun signaalin spektrikomponentti häviää moduloimattomalla kantoaaltotaajuudella. Modulaatioindeksi taajuudella 6,4 MHz on vain 2,4/66 = 0,0364, joka on liian pieni aiheuttaakseen virhetoiminnan ohjauslogiikkapiirissä (eli häiriötä aiheuttavassa osassa 103).

Edellä olevassa esimerkissä tulee havaita, että 60 kHz:n valinta modulaatiotaajuudeksi on mielivaltainen. Mitä tahansa taajuutta vastaanottimen kaistanleveyden yläpuolella voitaisiin käyttää. Esimerkiksi edellisessä esimerkissä olisi 8 kHz:n modulaatiotaajuus hyväksyttävä.

Kuvio 2a esittää graafisesti häiriösignaalia 109, joka olisi tuloksena ilman oskillaattorin modulointia, ja kuvio 2b esittää graafisesti keksinnöllisen modulaatiotekniikan vaikutusta häiriösignaaliin 109. Käy helposti ilmeiseksi, että häiriösignaalin voimakkuus vastaanottotaajuudella on suuresti pienentynyt.

Edellä selostetun keksinnön vaihtoehtoinen suoritusmuoto on kuvattu kuviossa 3. Häiriötä aiheuttava osa 103 kehittää tässä edelleen häiriösignaalin 109 vastaanottimen 101 vastaanottotaajuudella. Elektroninen laitteisto sisältää kuitenkin myös häiriötä aiheuttamattoman osan

301, minkä johdosta moduloimaton signaali halutaan syöttää suoraan oskillaattorista 105. Siten ei ole mahdollista suoraan kohdistaa taajuusmodulaatiota vertailuoskillaattoriin 105. Tämän tilanteen selvittämiseksi oskillaattorin 105 anto syötetään vaihemodulaattoriin 303, joka vastaanottaa modulaatiosignaalin modulaatiogeneraattorista 107. Kuviossa 9 on esitetty esimerkki tavanomaisesta vaihemodulaattoripiiristä. Tekniikka signaalin vaihemoduloimiseksi on alan ammattimiehelle ennestään tunnettu, eikä sitä selosteta tässä yksityiskohtaisemmin. Modulaatiosignaali määritetään, kuten edellä on selostettu kuvion 1 suhteen. Vaihemodulaattorin 303 anto syötetään sen jälkeen häiriötä aiheuttavaan osaan 103. Tässä rakenteessa moduloidut kellosignaalit tarvitsee syöttää vain niihin osiin, jotka aiheuttavat häiriösignaaleja. Muut osat, jotka eivät aiheuta häiriötä, tai jotka eivät salli moduloitua signaalia, voivat vastaanottaa moduloimattoman kellosignaalin, kuten kuviossa on esitetty.

Vaihemodulaation käyttö, kuten on kuvattu kuviossa 3, soveltuu myös tapaukseen, jossa itse oskillaattori 103 on vastuussa häiriösignaalin kehittämisestä. Vaihemoduloitu kellosignaali voidaan yleisesti jakaa laitteen muille osille. Tässä tapauksessa voi olla tarpeen käyttää lisäksi yleisesti tunnettuja suunnitteluperiaatteita häiriön pienentämiseksi, joka voi esiintyä oskillaattorin 103 ja vaihemodulaattorin 303 välillä.

Edellä selostetuissa suoritusmuodoissa on viitattu sinimuotoisten aaltomuotojen käyttöön modulaatiosignaalina. Voidaan kuitenkin suunnitella myös piiri, joka perustuu tässä esitettyihin seikkoihin, mutta jossa käytetään erilaista deterministä, ei-kohinaista aaltomuotoa, kuten suorakaideaaltoa. Kuten on esitetty esimerkiksi julkaisussa P. F. Panther, "Modulation Noise and Spectral Analysis" 257 - 260 (McGraw-Hill 1965), joka esitetään tässä viit-

teenä, kantoaallon Fourier-sarja, joka on taajuusmoduloitu suorakaideaallolla, saadaan yhtälöllä

$$e(t) = A_c \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{2\beta}{\pi(\beta^2-n^2)} \cdot \sin(\beta-n)\frac{\pi}{2} \cdot \cos(\omega_c+n\omega_m)t$$

$$= \frac{2A_c}{\pi\beta}\sin\frac{\pi\beta}{2}\cos\omega_c t \qquad \text{(kantoaalto)}$$

$$+\frac{2\beta A_c}{\pi(\beta^2-1^2)} \cdot \cos\frac{\beta\pi}{2}\left[\cos(\omega_c-\omega_m)t-\cos(\omega_c+\omega_m)t\right]$$

(1. sivukaistapari)

$$-\frac{2\beta A_c}{\pi(\beta^2-2^2)} \cdot \sin\frac{\beta\pi}{2}\left[\cos(\omega_c-2\omega_m)t+\cos(\omega_c+2\omega_m)t\right]$$

(2. sivukaistapari)

Asettamalla ß=2 edellä olevassa yhtälössä havaitaan, että kantoaallon amplitudi häviää. Yleisesti modulaatioindeksi ß tulee valita siten suhde $(2/\pi\beta)\sin(\pi\beta/2) \leq R$ tyydyttyy, missä R on ennalta määrätty moduloidun kantoaallon amplitudin suhde moduloimattoman kantoaallon amplitudiin. R:n tarkka arvo riippuu tietyn suunniteltavan piirin vaatimuksista. Käyttämällä modulaatiota, jolla on riittävän suuri ω_m, saadaan sivukaistat sijoittumaan vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolelle.

Siten keksinnön edellä selostetun näkökohdan mukaisesti on mahdollista estää häiriö, joka muutoin olisi vaikeaa estää. Pienet ja kompaktit rakenteet voidaan saavuttaa kustannusten ja painon ollessa pieniä, koska tarvitaan vähemmän suojausta ja erotusta. Edellä esitettyyn häiriöön liittyviä ongelmia voidaan ratkaista myöhemmässä elektronisen laitteiston kehittelyjakson vaiheessa, mikä säästää aikaa. Edelleen kyseessä ei ole vain yksi taajuus, joka on parantunut, vaan kaikki taajuudet, joilla modulaatioindeksi on riittävän lähellä esimerkiksi arvoa 2,4 häiriön halutun vaimennuksen saavuttamiseksi. Tämä on tärkeää, koska digitaalisista piireistä johtuva häiriö on usein suhteellisen pienen kellotaajuuden harmonisten muodossa, mikä aiheuttaa häiriötä useilla kanavilla vastaanottimen viritystyskaistanleveydellä.

Keksinnön toisen näkökohdan mukaisesti kulmamodulaatio kohdistetaan vertailukellosignaaliin elektronisessa laitteistossa ei-toivottujen sähkömagneettisten emissioiden pienentämiseksi tasoille, jotka sallivat elektronisen laitteiston täyttää kyseisiä emissioita koskevat kansalliset ja kansainväliset standardit. Kuten edellä on kuvattu, kyseiset standardit asettavat maksimitason sähkömagneettiselle säteilylle, joka sallitaan elektroniselle laitteistolle.

Viitaten nyt kuvioon 4 esitetään keksinnön eräs suoritusmuoto, joka osoittaa tämän ongelman. Tässä elektroninen laitteisto 400 sisältää oskillaattorin 401, joka aikaansaa kellosignaalin emission aiheuttavan piirin 407 käytettäväksi, joka kehittää häiriösignaalin 409. Keksinnön mukaisesti vaihemodulaatio kohdistetaan oskillaattorin 401 antoon vaihemodulaattorin 403 avulla. Vaihtoehtoisesti kulmamodulaatio voitaisiin saavuttaa kohdistamalla taajuusmodulaatio suoraan oskillaattoriin 401 edellä kuvioon 1 viitaten selostetulla tavalla. Modulaation aaltomuoto on kummassakin tapauksessa deterministinen, ei-kohinainen aaltomuoto, ja edullisesti saha-aaltomuoto, jonka tässä suoritusmuodossa aikaansaa modulaation aaltomuodon generaattori 405. Deterministisen, ei-kohinaisen aaltomuodon signaalin, kuten saha-aaltomuodon signaalin, käyttö valkoisen kohinasignaalin sijaan aikaansaa etuja, mukaan lukien sen, että modulaatioaaltomuoto on paljon helpompi kehittää. Esimerkiksi saha-aaltomuoto voidaan kehittää yksinkertaisesti integroimalla vakiojännitettä, ja asettamalla anto jaksoittaisesti.

Tämän rakenteen tehokkuus johtuu siitä, että saha-aallolla moduloidulla signaalilla, jolla on suuri modulaatioindeksi, on spektri, jonka komponentit ovat amplitudiltaan lähes yhtä suuria modulaatiotaajuuspyyhkäisyn leveydeltä. Moduloidun signaalin kullakin spektrikomponentilla on tehotaso, joka suunnilleen vastaa saha-aaltoisen modu-

laatiotaajuuden suhdetta pyyhkäisyn leveyteen. Tämä siitä syystä, koska spektrikomponentit sijaitsevat modulaatiotaajuusetäisyyksin tasavälein pyyhkäisyn leveydeltä. Komponenttien lukumäärä pyyhkäisyn leveydeltä on siten yhtä suuri kuin pyyhkäisyn leveyden suhde modulaatiotaajuuteen. Kokonaissignaaliteho jakautuu oleellisesti tasaisesti komponenttien kesken, ja kullakin niistä on vastaavasti pienempi teho. Tämä spektri on esitetty kuviossa 7 - 11 edellä viitatun ja tässä viitteenä esitetyn julkaisun Panther sivulla 260.

Jos tämä moduloitu spektri mitataan tehonmittauslaitteella, jonka kaistanleveys on B Hz ja modulaatiotaajuus valitaan suuremmaksi kuin B, esiintyy kerrallaan vain yksi spektrikomponentti tehonmittauslaitteen kaistanleveydellä kaikkialla modulaatiospektrissä. Mittauslaite osoittaa siten vain yhden komponentin tehon ja haluttu pienennys saavutetaan.

Kun mittauslaite on huipputehon mittari, on edullista käyttää modulaatiospektriä, jolla on vakioamplitudikomponentti tehonmittauslaitteen kaistanleveydellä. Mittari ei silloin koskaan osoita useamman kuin yhden komponentin huipputasoa, joka on myös yhtä suuri kuin keskimääräinen taso, koska amplitudi on vakio. Tämä merkitsee, että deterministinen modulaatio, jolla on tasainen spektri, kuten saha-aaltopyyhkäisy, on parempi tähän tarkoitukseen kuin satunnaiskohinaspektri, jolla on yhtä suuri spektraalinen keskimääräinen teho mittauskaistanleveydellä, koska kohinasignaalilla on keskimääräistä arvoa paljon korkeampi huippuarvo. Huipputehon mittari osoittaa korkeampaa huipputehoa kohinamodulaatiolle kuin saha-aaltopyyhkäisymodulaatiolle, jolla on verrannollinen taajuuspoikkeama.

Saha-aaltomuodon valinta, jolla on mittauskaistanleveyttä hieman korkeampi taajuus, on optimi siinä mielessä, että se antaa pienemmän huipputehon mittauskaistanleveydellä kuin muut valinnat. Tämä johtuu siitä, että jos

taajuus on vielä korkeampi, niin silloin kukin komponentti on suurempi. Toisaalta, jos taajuus on pienempi, niin silloin useita komponentteja sijaitsee mittauskaistanleveydellä, joka lisää huipputehoa, vaikka keskimääräinen teho pysyisi samana. Saha-aaltomuodon taajuus valitaan edullisesti taajuusarvojen alueesta, taajuusarvojen alueella ollessa matala taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin mittauskaistanleveys, ja korkea taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin 1,5 kertaa mittauskaistanleveys.

Edellä esitettyjen periaatteiden havainnollistamiseksi oletetaan, että tehonmittauslaitteen kaistanleveys on hieman pienempi kuin 100 kHz ja että halutaan saavuttaa 10 dB:n (eli 10-kertainen) pienennys spektrikomponenttien tasoissa tällä kaistanleveydellä. Edellä esitettyjen keksinnöllisten periaatteiden mukaisesti voidaan käyttää 100 kHz:n saha-aaltomodulaation taajuutta. Kokonaissignaaliteho jaetaan myös 10 komponentin kesken halutun tehon pienennyksen saavuttamiseksi. Näiden 10 komponentin tuottamiseksi kellosignaali tulee kulmamoduloida saha-aaltomuodolla, jonka pyyhkäisyleveys on 10 x 100 kHz = 1 MHz. Moduloidun kellosignaalin 701, joka on moduloitu selostetulla saha-aaltomuodolla, taajuusvaihtelu on esitetty kuviossa 7.

Edellä selostettua sovelletaan nyt esimerkkiin kuvion 4 piiriin viitaten. Jos elektroninen laitteisto 400 on esimerkiksi henkilökohtainen tietokone, niin silloin kellotaajuus voi olla 66 Mhz. Oletetaan, että halutaan estää noin 900 MHz:n kohdalla esiintyvä häiriö. 900 MHz:n komponenttien 1 MHz:n taajuuspyyhäisy vaatii 66 MHz:n kellosignaalin pyyhkäisyn (66/900) x 1 MHz = 73,3 kHz.

Tämän rakenteen tehokkuus on esitetty kuvioissa 5a ja 5b. Kuvio 5a esittää graafisesti häiriösignaalin 409 viivaspektrin, joka tavallisesti olisi tuloksena oskillaattorin 401 annon suorasta kohdistamisesta emission ai-

heuttavien piirien 407 ottoon. Havaitaan, että häiriösignaali 409 tässä tapauksessa käsittää kolme viivaa 501, 501', 501''. Ensimmäinen viiva 501 sijoittuu kaistanleveydelle B_{meas}, jossa sähkömagneettisen emission mittaus tulee suorittaa. Ilman esillä olevan keksinnön käyttöä ensimmäisen viivan 501 amplitudi ylittää kansallisten ja/tai kansainvälisten standardien asettaman suurimman sallittavan amplitudin A_{max}.

Vertailun vuoksi kuvio 5b esittää saha-aaltoisen taajuuspyyhkäisyn aaltomuotomodulaation oskillaattorin 401 antoon kohdistamisen vaikutuksen. Tässä häiriösignaali 409 käsittää kaksitoista viivaa, jotka sijoittuvat taajuusspektrin yli. Kuitenkin vain kolmas viiva 503 sijoittuu kaistanleveydelle B_{meas}, jossa sähkömagneettisen emission mittaus tulee suorittaa. On merkittävää, että tämän kolmannen viivan 503 amplitudi on pienempi kuin suurin sallittu amplitudi A_{max}, jonka kansalliset ja/tai kansainväliset standardit ovat asettaneet. Siten elektroninen laitteisto 400 täyttää nämä vaatimukset. Kohdistamalla kulmamodulaatio oskillaattorin 401 antoon viivaspektrin viivat hajautuvat siten, että vähemmän tehoa osuu millekään yhdelle kaistanleveydelle, mukaan lukien kaistanleveys, jolla ilmaisin suorittaa emission mittauksiaan. On huomattava, että tämä tekniikka ei petkuta testimenetelmää, koska testimenetelmä antaa hyvän mitan aiheutetusta häiriöstä. Toisin sanoen, mitä pienempi mitattu emissio on, sitä pienempi on todellinen häiriö, jonka on aiheuttanut emissio radiovastaanottimessa, jota testimenetelmä simuloi.

Keksinnön eräs toinen suoritusmuoto selostetaan seuraavassa kuvioon 6 viitaten. Tässä elektroninen laitteisto 600 käsittää digitaalisia loogisia piirejä, mukaan lukien emission aiheuttavat piirit 609. Emission aiheuttavien piirien 609 käyttöön tuleva kellosignaali johdetaan oskillaattorin 601 annosta, joka voi tyypillisesti olla kideoskillaattori, jolla on sinimuotoinen anto. Keksinnön

mukaisesti oskillaattorin 601 anto syötetään vaihemodulaattoriin 603. Modulaatiosignaali johdetaan saha-aaltomuodon generaattorista 607, jonka rakenteet ovat ennestään tunnettuja elektroniikka-alan ammattimiehelle, ja joita ei selosteta tässä enempää. Saha-aaltogeneraattorin 607 anto syötetään integrointisuodattimen 605 ottoon, jonka anto syötetään vaihemodulaattoriin 603. Integrointisuodattimen 605 tarkoitus on varmistaa, että vaihemodulaattorin anto on sama kuin mitä tuotettaisiin suoraan taajuusmoduloimalla oskillaattori 601 saha-aaltogeneraattorin 607 annolla.

Siten esillä olevan keksinnön tämä näkökohta sallii ei-toivottujen emissioiden suhteellisten suurten vaimennusten saavuttamisen. Tämä sallii erottamisen ja suojauksen kustannusten pienentämisen. Kuvioissa 4 ja 6 esitetty rakenne sopii hyvin integroitavaksi kellopiirien ja prosessorien kanssa.

Testien, joissa käytetään useita keksinnöllisiä tekniikoita, kokeellisia tuloksia selostetaan seuraavassa kuvioiden 8a - 8d graafisiin esityksiin viitaten. Kukin näistä graafisista esityksistä on tuotettu analysaattorilla "Hewlett Packard Spectrum Analyzer, Model no. 8568 B". Seuraavat esimerkit eivät käytä samoja kaistanleveyksiä, modulaatiotaajuuksia ja poikkeamia kuin edellä selostetut esimerkit. Taajuuden skaalaus ei kuitenkaan vaikuta tuloksiin, joten edempänä kuvatut suhteet ovat yleisesti päteviä.

Viitaten nyt kuvioon 8a, häiriösignaali 800 edustaa moduloimattoman kellosignaalin (ei esitetty) harmonista. Erityisesti häiriösignaali 800 sisältää suuren häiriöspektrikomponentin 801 taajuuden 450 MHz ympärille keskittyneenä. Häiriöspektrikomponentin 801 huippuarvo 802 on -20 dBm tässä esimerkissä.

Jos halutaan merkittävästi vaimentaa häiriöspektrikomponenttia 801 häiriön käytännöllisesti katsoen eliminoimiseksi 450 MHz:n ympärille keskittyneellä vastaanotti-

men kaistanleveydellä, niin silloin moduloimaton kellosignaali voidaan taajuusmoduloida 10 kHz:n suorakaideaallolla ja modulaatioindeksillä, joka on 450 MHz:n häiriökomponentilla suunnilleen 2. Vaikutus, joka tällä on häiriösignaaliin, on kuvattu kuvion 8b graafisessa esityksessä. Tässä häiriösignaalilla 800' on häiriöspektrikomponentti 803, joka edustaa suurempaa kuin 60 dB:n vaimennusta häiriöspektrikomponenttiin 801 verrattuna. Edelleen sivukaistat 805, jotka tämän tekniikan käyttäminen on kehittänyt, ovat 10 kHz vastaanottimen 450 MHz:n keskitaajuudesta, ja ovat siten vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella.

Kuvio 8c esittää graafisesti kellosignaalin (ei esitetty) taajuusmoduloinnin vaikutusta 1 kHz:n saha-aaltomuodon kanssa, jonka pyyhkäisyleveys on 20 kHz häiriökomponenttitaajuudella. Tämän tulisi johtaa siihen, että signaalitehon jakavat suunnilleen 20 komponenttia, jolloin vaimennuksen tulisi olla suunnilleen 20-kertainen, tai -13 dB. Tämä on hyvässä sopusoinnussa -12,5 dB:n todellisen vaimennuksen 807 kanssa, kuten on esitetty kuviossa 8c. Kuvion 8c graafisen esityksen kehittämiseen käytetty mittauskaistanleveys on 300 Hz, joka on pienempi kuin komponenttien välinen etäisyys. Siten enintään yksi komponentti voidaan kerrallaan mitata. Tämä on myös huipputehon mittaus. Huipputehon ja keskimääräisen tehon mittauksen välillä ei ole mitään eroa, koska vain vakioamplitudisignaali esiintyy mittauskaistanleveydellä.

Viitaten nyt kuvioon 8d kuvataan jälleen sama spektri kuin mitä kuviossa 8c on esitetty. Häiriösignaali on nyt kuitenkin mitattu 3 kHz:n kaistanleveydellä, siten sallien 3 komponenttia kaistanleveydellä. Tämä on huipputehon mittaus. Karkea laskutoimitus osoittaa, että mitatun jännitteen huippuarvon tulisi nousta 3-kertaiseksi, vastaten arvoa 9,5 dB, verrattuna kuvion 8c mittaukseen. Todellinen vaimennus 809 (todellinen -1,9 dB ≈ todellinen -12,5

dB + arvio 9,5 dB) on hyvässä sopusoinnussa tämän arvion kanssa.

Keksintöä on selostettu tiettyyn suoritusmuotoon viitaten. Alan ammattimiehelle on kuitenkin ilmeistä, että keksintöä on mahdollista toteuttaa myös muissa erityisissä muodoissa kuin edellä esitettyjen edullisten suoritusmuotojen muodoissa. Tämä voidaan tehdä keksinnön hengestä poikkeamatta. Edullinen suoritusmuoto on pelkästään havainnollinen, eikä sitä tule pitää millään tavalla rajoittavana. Keksinnön puitteet annetaan mukana seuraavissa patenttivaatimuksissa edellä olevan selostuksen sijaan, ja kaikki muunnokset ja vastaavat, jotka kuuluvat vaatimusten piiriin, on tarkoitettu sisällytettäväksi niihin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteistossa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää ensimmäisestä signaalista häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

ensimmäisen signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaatiosignaali on sinimuotoinen signaali, ja

jolloin kulmamoduloidulla häiriösignaalilla on modulaatioindeksi, ß, joka tyydyttää suhteen $J_0(ß) \leq R$, missä R on moduloidun kantoaallon amplitudin ennalta määrätty suhde moduloimattoman kantoaallon amplitudiin.

2. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteistossa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää ensimmäisestä signaalista häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

ensimmäisen signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaatiosignaali on symmetrinen suorakaideaalto, ja

jolloin symmetrisen suorakaideaallon toistotaajuus

on riittävän korkea aikaansaadakseen kulmamoduloidun häiriösignaalin modulaatiosivukaistojen sijoittumaan vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolelle.

3. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteistossa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää ensimmäisestä signaalista häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

ensimmäisen signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaatiosignaali on symmetrinen suorakaideaalto, ja

jolloin kulmamoduloidulla häiriösignaalilla on modulaatioindeksi, ß, joka tyydyttää suhteen $(2/\pi ß)\sin(\pi ß/2) \leq R$, missä R on moduloidun kantoaallon amplitudin ennalta määrätty suhde moduloimattoman kantoaallon amplitudiin.

4. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteessa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää yhdistetyn signaalin, joka käsittää ensimmäisen signaalin ja häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

yhdistetyn signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaa-

tiosignaali on sinimuotoinen signaali, ja

jolloin kulmamoduloidulla häiriösignaalilla on modulaatioindeksi, ß, joka tyydyttää suhteen $J_0(ß) \leq R$, missä R on moduloidun kantoaallon amplitudin ennalta määrätty suhde moduloimattoman kantoaallon amplitudiin.

5. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteessa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää yhdistetyn signaalin, joka käsittää ensimmäisen signaalin ja häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

yhdistetyn signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaatiosignaali on symmetrinen suorakaideaalto, ja

jolloin symmetrisen suorakaideaallon toistotaajuus on riittävän korkea aikaansaadakseen kulmamoduloidun häiriösignaalin modulaatiosivukaistojen sijoittumaan vastaanottimen kaistanleveyden ulkopuolelle.

6. Menetelmä häiriön pienentämiseksi vastaanottimen kaistanleveydellä elektronisessa laitteessa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää yhdistetyn signaalin, joka käsittää ensimmäisen signaalin ja häiriösignaalin, jonka spektrikomponentti on vastaanottimen kaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

yhdistetyn signaalin kulmamoduloimisen deterministisellä, ei-kohinaisella modulaatiosignaalilla, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jonka modulaatiosivukaistat ovat vastaanottimen

kaistanleveyden ulkopuolella ja jonka kantoaallon amplitudi on pienentynyt,

jolloin deterministinen, ei-kohinainen modulaatiosignaali on symmetrinen suorakaideaalto, ja

jolloin kulmamoduloidulla häiriösignaalilla on modulaatioindeksi, ß, joka tyydyttää suhteen $(2/\pi ß)\sin(\pi ß/2) \leq R$, missä R on moduloidun kantoaallon amplitudin ennalta määrätty suhde moduloimattoman kantoaallon amplitudiin.

7. Menetelmä häiriön pienentämiseksi mittauskaistanleveydellä elektronisessa laitteessa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää ensimmäisestä signaalista häiriösignaalin, jolla on häiriöspektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

modulaatiosignaalin käyttämisen ensimmäisen signaalin kulmamoduloimiseksi, jolloin häiriötä aiheuttava osa kehittää kulmamoduloidun häiriösignaalin, jolla on pienentynyt spektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, pienentyneen spektrikomponentin ollessa pienempi kuin häiriöspektrikomponentti, missä:

modulaatiosignaali on deterministinen, ei-kohinainen aaltomuoto, ja

kulmamoduloidun häiriösignaalin modulaatiokaistanleveys ylittää mittauskaistanleveyden, ja

jolloin modulaatiosignaali on saha-aaltomuoto, ja

jolloin saha-aaltomuodon taajuus valitaan taajuusarvojen alueelta taajuusarvojen alueella ollessa matala taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin mittauskaistanleveys, ja korkea taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin 1,5 kertaa mittauskaistanleveys.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe ensimmäisen signaalin kulmamoduloimiseksi käsittää vaiheina:

suoran taajuusmodulaation kohdistamisen ensimmäiseen osaan, joka kehittää ensimmäisen signaalin; ja

taajuusmoduloidun ensimmäisen signaalin syöttämisen emission kehittävään piiriin häiriötä aiheuttavassa osassa ensimmäisen signaalin sijaan emission kehittävän piirin ollessa vastuussa häiriösignaalin kehittämisestä.

9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe ensimmäisen signaalin kulmamoduloimiseksi käsittää vaiheina:

ensimmäisen signaalin vaihemoduloimisen; ja

vaihemoduloidun ensimmäisen signaalin syöttämisen emission kehittävään piiriin häiriötä aiheuttavassa osassa ensimmäisen signaalin sijaan emission kehittävän piirin ollessa vastuussa häiriösignaalin kehittämisestä.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se edelleen käsittää vaiheena moduloimattoman ensimmäisen signaalin syöttämisen elektronisen laitteen häiriötä aiheuttamattomaan osaan.

11. Menetelmä häiriön pienentämiseksi mittauskaistanleveydellä elektronisessa laitteessa, joka sisältää häiriötä aiheuttavan osan, joka kehittää yhdistetyn signaalin, joka käsittää ensimmäisen signaalin ja häiriösignaalin, jolla on häiriöspektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheena:

modulaatiosignaalin käyttämisen yhdistetyn signaalin kulmamoduloimiseksi, jolloin kehittyy kulmamoduloitu häiriösignaali, jolla on pienentynyt spektrikomponentti mittauskaistanleveydellä, pienentyneen spektrikomponentin ollessa pienempi kuin häiriöspektrikomponentti, missä:

modulaatiosignaali on deterministinen, ei-kohinainen aaltomuoto, ja

kulmamoduloidun häiriösignaalin modulaatiokaistanleveys ylittää mittauskaistanleveyden, ja

jolloin modulaatiosignaali on saha-aaltomuoto, ja

jolloin saha-aaltomuodon taajuus valitaan taajuusarvojen alueelta taajuusarvojen alueella ollessa mata-

la taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin mittauskaistanleveys, ja korkea taajuusarvo, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin 1,5 kertaa mittauskaistanleveys.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe yhdistetyn signaalin kulmamoduloimiseksi käsittää suoran taajuusmodulaation kohdistamisen häiriötä aiheuttavaan osaan.

13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaihe yhdistetyn signaalin kulmamoduloimiseksi käsittää yhdistetyn signaalin vaihemoduloimisen; ja

käsittäen edelleen vaiheena vaihemoduloidun yhdistetyn signaalin syöttämisen yhdistetyn signaalin sijaan ensimmäiseen komponenttiin elektronisessa laitteessa.

Patentkrav

1. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar från en första signal en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den första signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en sinusformad signal, och

varvid den vinkelmodulerade interferenssignalen har ett moduleringsindex, β, som uppfyller relationen $J_0(\beta) \leq R$, där R är en modulerad bärvågsamplituds på förhand bestämda förhållande till en omodulerad bärvågsamplitud.

2. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar från en första signal en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den första signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en symmetrisk rektangelvåg, och

varvid den symmetriska rektangelvågens upprepningsfrekvens är tillräckligt hög för att få den vinkelmo-

dulerade interferenssignalens moduleringssidoband att placeras utanför mottagarens bandbredd.

3. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar från en första signal en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den första signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en symmetrisk rektangelvåg, och

varvid den vinkelmodulerade interferenssignalen har ett moduleringsindex, β, som uppfyller relationen $(2/\pi\beta)\sin(\pi\beta/2) \leq R$, där R är en modulerad bärvågsamplituds på förhand bestämda förhållande till en omodulerad bärvågsamplitud.

4. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar en kombinerad signal, som omfattar en första signal och en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den kombinerade signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en sinusformad signal, och

varvid den vinkelmodulerade interferenssignalen har ett moduleringsindex, β, som uppfyller relationen $J_0(\beta) \leq R$, där R är en modulerad bärvågsamplituds på för-

hand bestämda förhållande till en omodulerad bärvågsamplitud.

5. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar en kombinerad signal, som omfattar en första signal och en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den kombinerade signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en symmetrisk rektangelvåg, och

varvid den symmetriska rektangelvågens upprepningsfrekvens är tillräckligt hög för att få den vinkelmodulerade interferenssignalens moduleringssidoband att placeras utanför mottagarens bandbredd.

6. Förfarande för att minska interferensen på en mottagares bandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar en kombinerad signal, som omfattar en första signal och en interferenssignal, vars spektralkomponent är på mottagarens bandbredd, kännetecknat av att det omfattar som steg:

vinkelmodulering av den kombinerade signalen med en deterministisk, brusfri moduleringssignal, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal, vars moduleringssidoband är utanför mottagarens bandbredd och vars bärvågsamplitud är reducerad,

varvid den deterministiska, brusfria moduleringssignalen är en symmetrisk rektangelvåg, och

varvid den vinkelmodulerade interferenssignalen har ett moduleringsindex, β, som uppfyller relationen $(2/\pi\beta)\sin(\pi\beta/2) \leq R$, där R är en modulerad bärvågsampli-

tuds på förhand bestämda förhållande till en omodulerad bärvågsamplitud.

7. Förfarande för att minska interferensen på en mätningsbandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar från en första signal en interferenssignal, vars interferensspektralkomponent är på mätningsbandbredden, kännetecknat av att det omfattar som steg:

användning av en moduleringssignal för att vinkelmodulera den första signalen, varvid den interfererande delen alstrar en vinkelmodulerad interferenssignal med en reducerad spektralkomponent på mätningsbandbredden, varvid den reducerade spektralkomponenten är mindre än interferensspektralkomponenten, där:

moduleringssignalen är en deterministisk, brusfri vågform, och

den vinkelmodulerade interferenssignalens moduleringsbandbredd överstiger mätningsbandbredden, och

varvid moduleringssignalen är en sågtandsvågform, och

varvid sågtandsvågformens frekvens väljs från ett område av frekvensvärden, varvid området av frekvensvärden har ett lågt frekvensvärde, som är väsentligen lika stort som mätningsbandbredden, och ett högt frekvensvärde, som är väsentligen lika stort som 1,5 gånger mätningsbandbredden.

8. Förfarande enligt patentkrav 7, kännetecknat av att steget för vinkelmodulering av den första signalen omfattar som steg:

tillämpning av direkt frekvensmodulering på en första del, som alstrar den första signalen; och

matning av den frekvensmodulerade första signalen till en emissionsalstrande krets i den interfererande delen i stället för den första signalen, varvid den emissionsalstrande kretsen är ansvarig för alstring av interferenssignalen.

9. Förfarande enligt patentkrav 7, kännetecknat av att steget för vinkelmodulering av den första signalen omfattar som steg:

fasmodulering av den första signalen; och

matning av den fasmodulerade första signalen till en emissionsalstrande krets i den interfererande delen i stället för den första signalen, varvid den emissionsalstrande kretsen är ansvarig för alstring av interferenssignalen.

10. Förfarande enligt patentkrav 9, kännetecknat av att det vidare omfattar som steg matning av den omodulerade första signalen till den elektroniska apparatens icke-interfererande del.

11. Förfarande för att minska interferensen på en mätningsbandbredd i en elektronisk apparat, som innehåller en interfererande del, som alstrar en kombinerad signal, som omfattar en första signal och en interferenssignal, vars interferensspektralkomponent är på mätningsbandbredden, kännetecknat av att det omfattar som steg:

användning av en moduleringssignal för att vinkelmodulera den kombinerade signalen, varvid alstras en vinkelmodulerad interferenssignal med en reducerad spektralkomponent på mätningsbandbredden, varvid den reducerade spektralkomponenten är mindre än interferensspektralkomponenten, där:

moduleringssignalen är en deterministisk, brusfri vågform, och

den vinkelmodulerade interferenssignalens moduleringsbandbredd överstiger mätningsbandbredden, och

varvid moduleringssignalen är en sågtandsvågform, och

varvid sågtandsvågformens frekvens väljs från ett område av frekvensvärden, varvid området av frekvensvärden har ett lågt frekvensvärde, som är väsentligen lika stort som mätningsbandbredden, och ett högt frekvensvärde, som

är väsentligen lika stort som 1,5 gånger mätningsbandbredden.

12. Förfarande enligt patentkrav 11, kännetecknat av att steget för vinkelmodulering av den kombinerade signalen omfattar tillämpning av direkt frekvensmodulering på den interfererande delen.

13. Förfarande enligt patentkrav 11, kännetecknat av att steget för vinkelmodulering av den kombinerade signalen omfattar fasmodulering av den kombinerade signalen; och

omfattande vidare som steg matning av den fasmodulerade kombinerade signalen i stället för den kombinerade signalen till en första komponent i den elektroniska apparaten.

Fig. 1

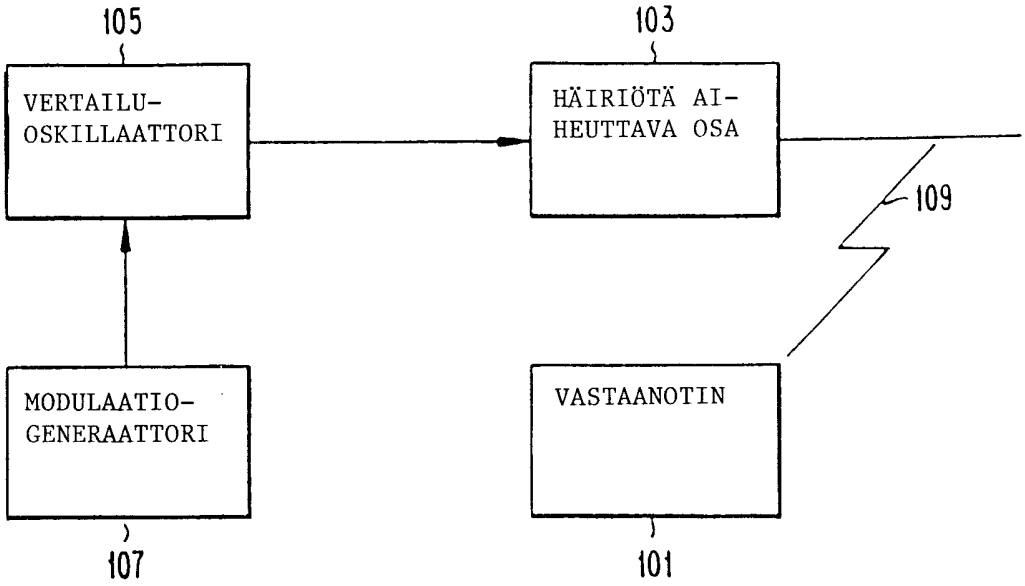


Fig. 2a

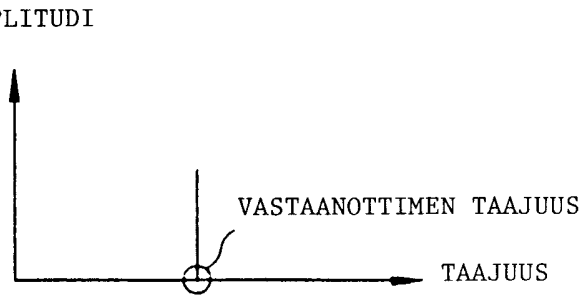


Fig. 2b

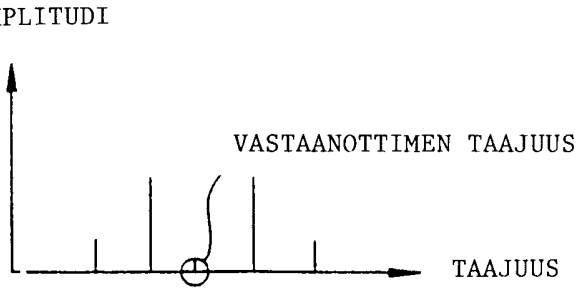


Fig. 3

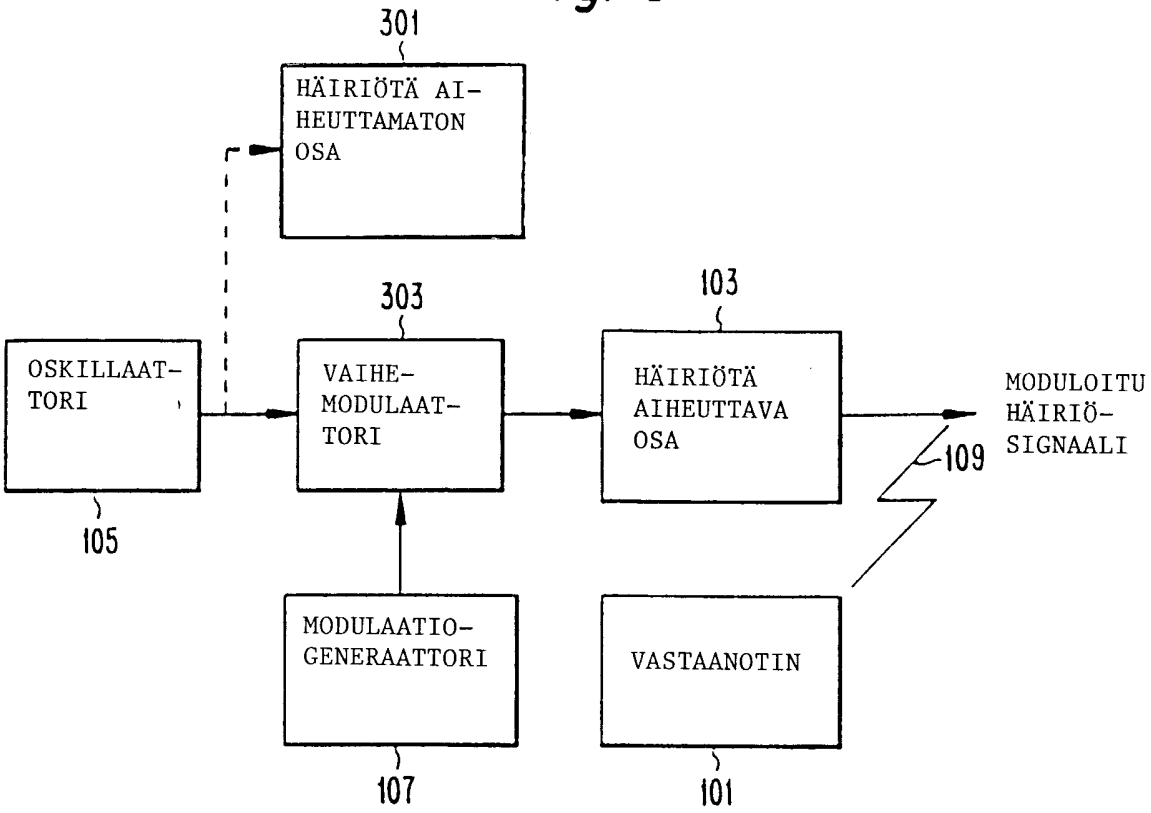

301
HÄIRIÖTÄ AI-
HEUTTAMATON
OSA
303
103
OSKILLAAT-
TORI
VAIHE-
MODULAAT-
TORI
HÄIRIÖTÄ
AIHEUTTAVA
OSA
MODULOITU
HÄIRIÖ-
SIGNAALI
109
105
MODULAATIO-
GENERAATTORI
VASTAANOTIN
107
101

Fig. 4

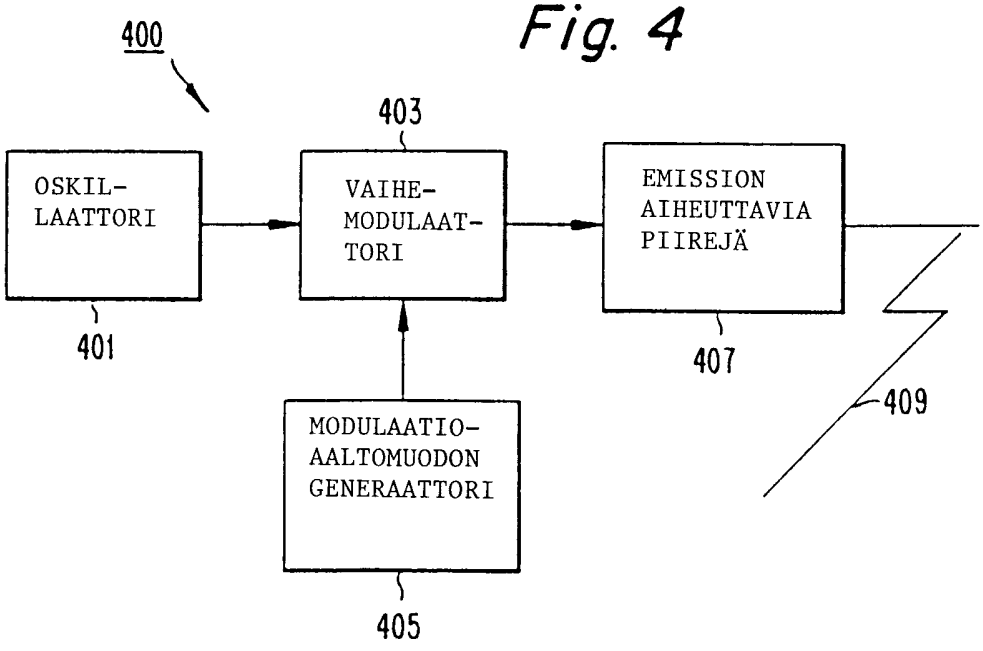

400
403
OSKIL-
LAATTORI
VAIHE-
MODULAAT-
TORI
EMISSION
AIHEUTTAVIA
PIIREJÄ
401
407
409
MODULAATIO-
AALTOMUODON
GENERAATTORI
405

Fig. 5a

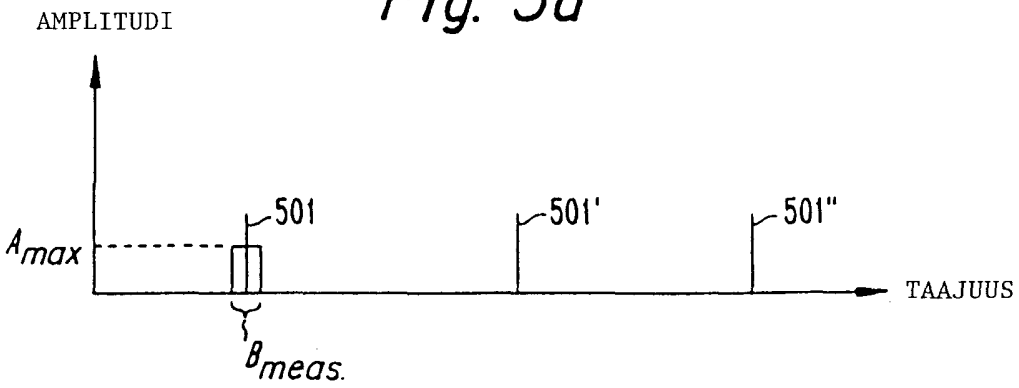


Fig. 5b

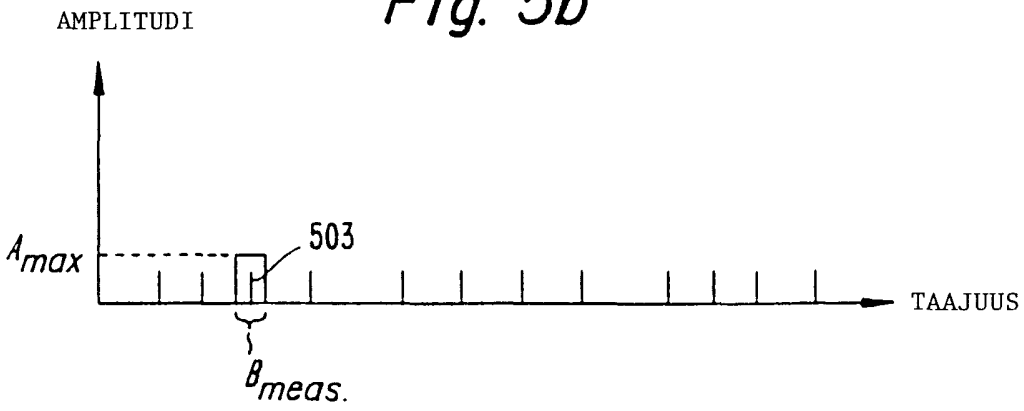


Fig. 6

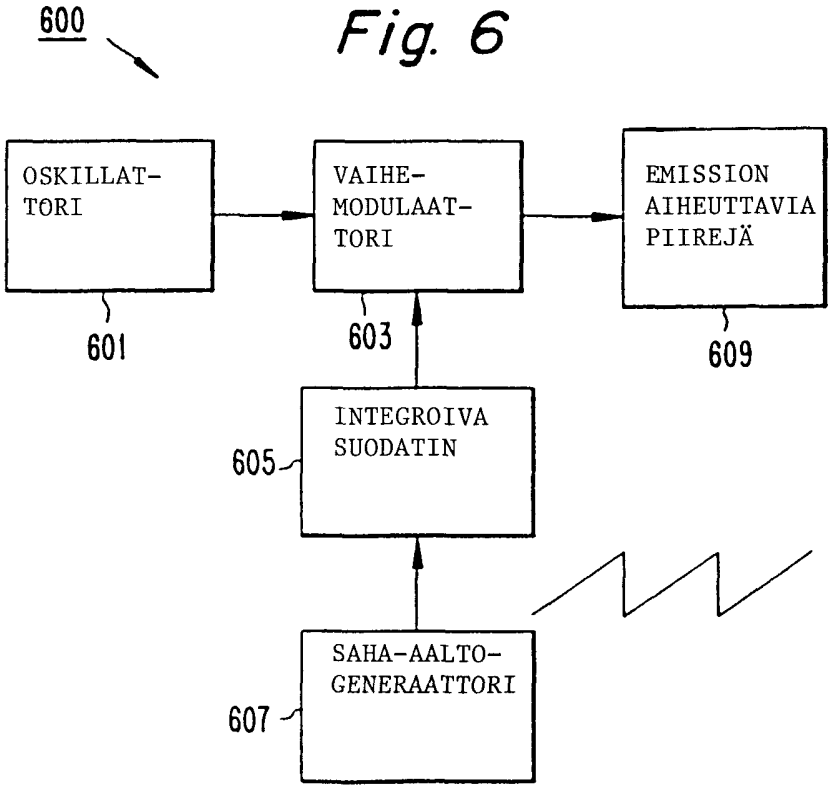
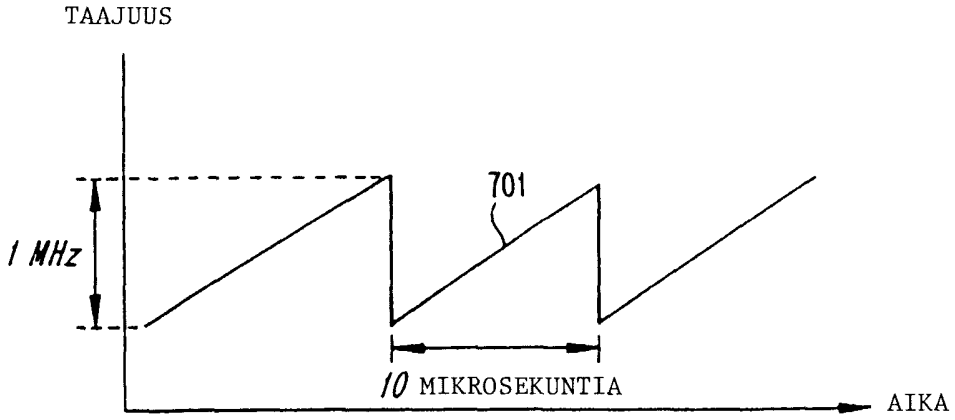


Fig. 7



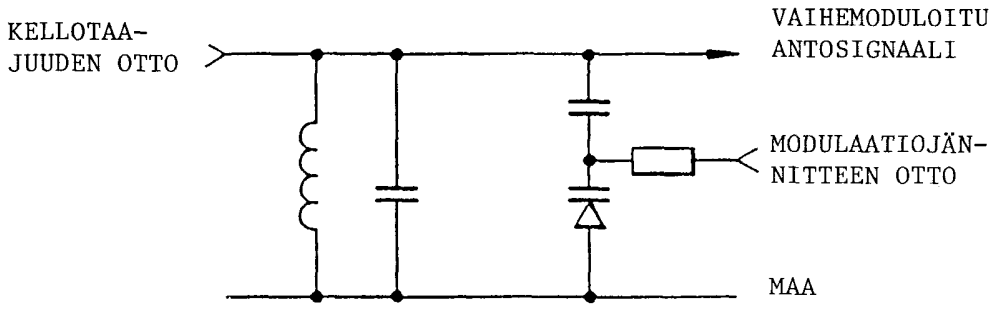


Fig. 9

(TEKNIIKAN TASO)

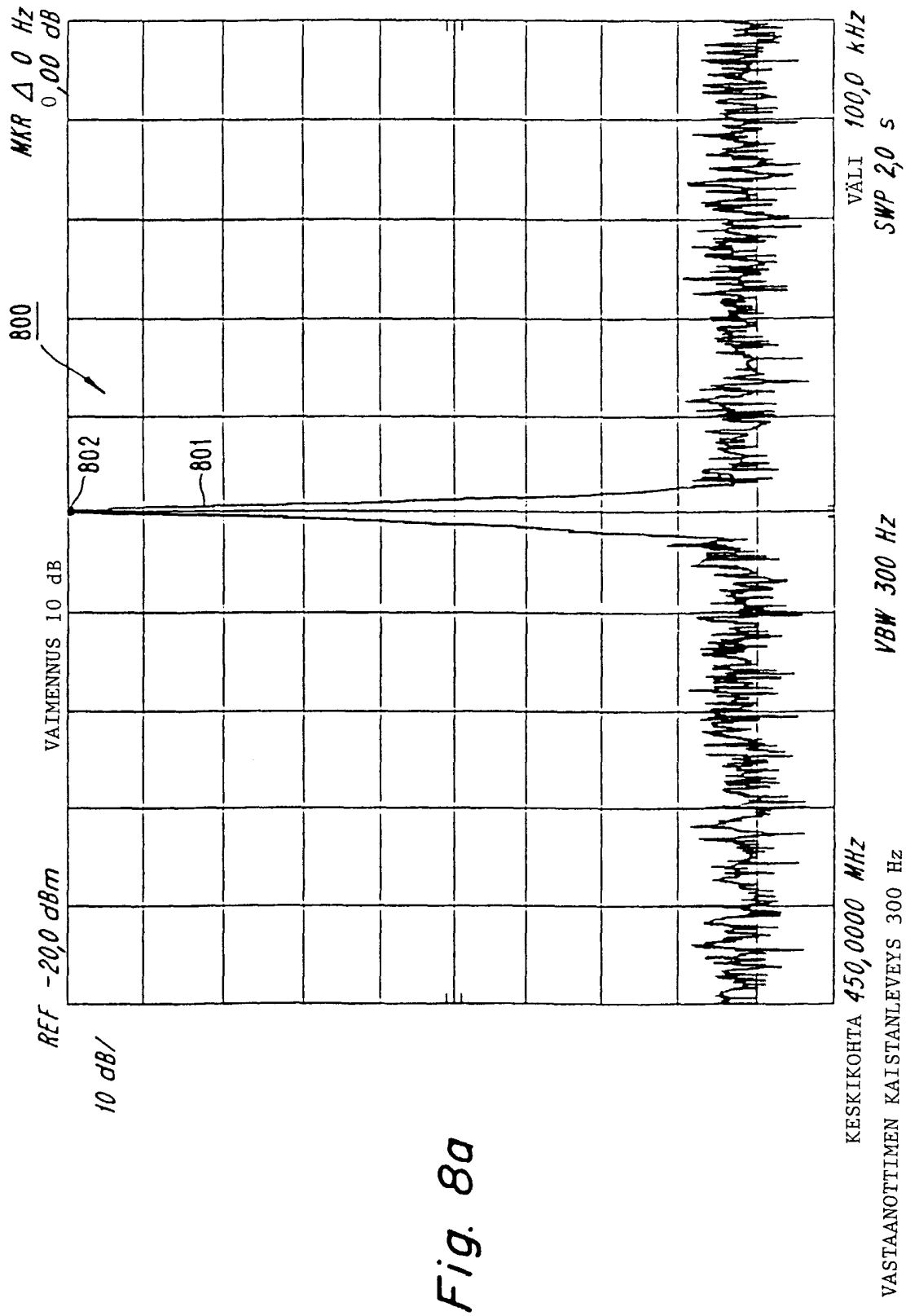

MKR Δ 0 Hz
0,00 dB
800
802
801
REF -20,0 dBm
VAIMENNUS 10 dB
10 dB/
VÄLI 100,0 kHz
SWP 2,0 s
VBW 300 Hz
KESKIKOHTA 450,0000 MHz
VASTAANOTTIMEN KAISTANLEVEYS 300 Hz

Fig. 8a

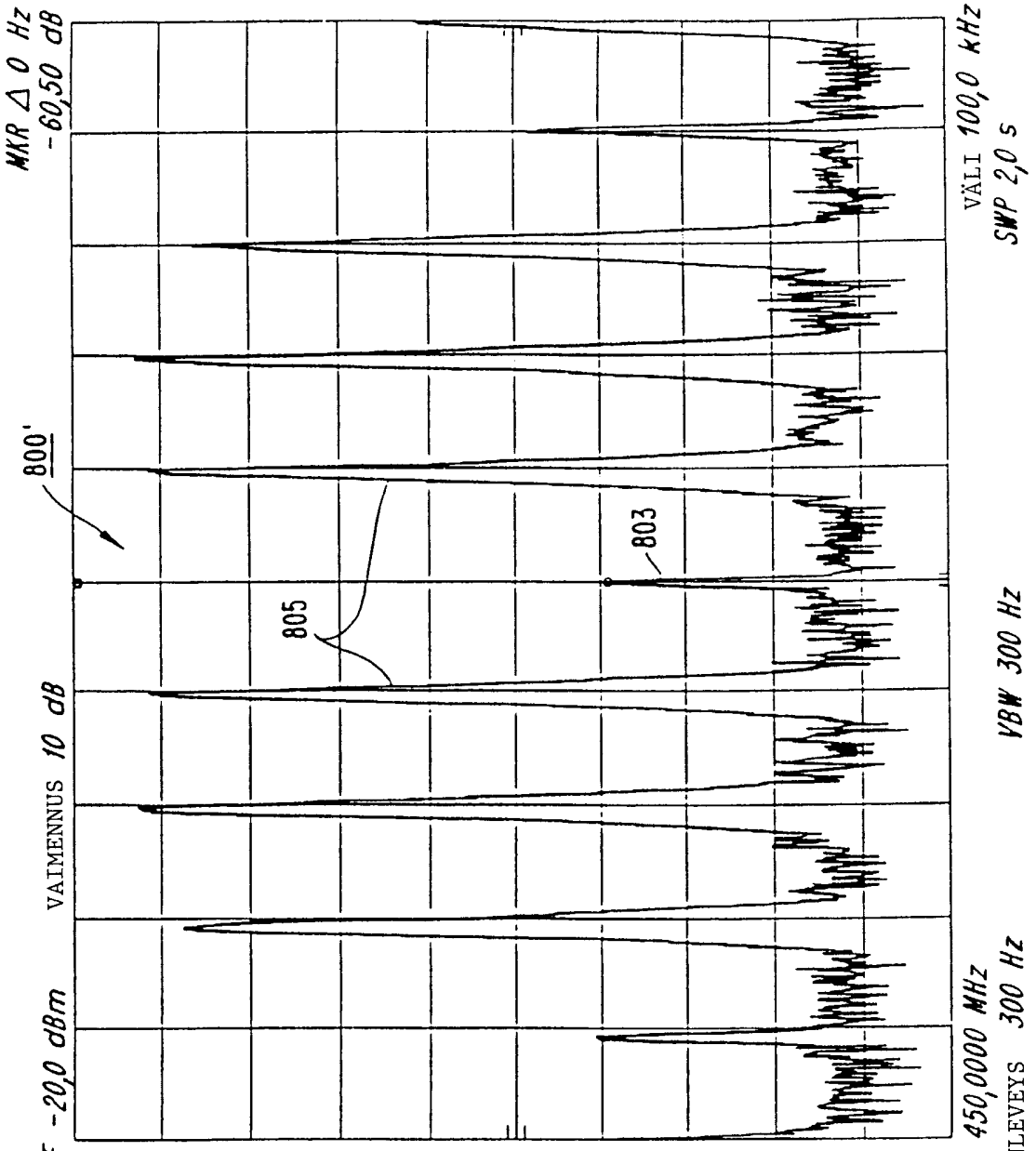

MKR Δ 0 Hz
-60,50 dB
800'
805
803
REF -20,0 dBm
VAIMENNUS 10 dB
10 dB/
VÄLI 100,0 kHz
SWP 2,0 s
VBW 300 Hz
KESKIKOHTA 450,0000 MHz
VASTAANOTTIMEN KAISTANLEVEYS 300 Hz

Fig. 8b

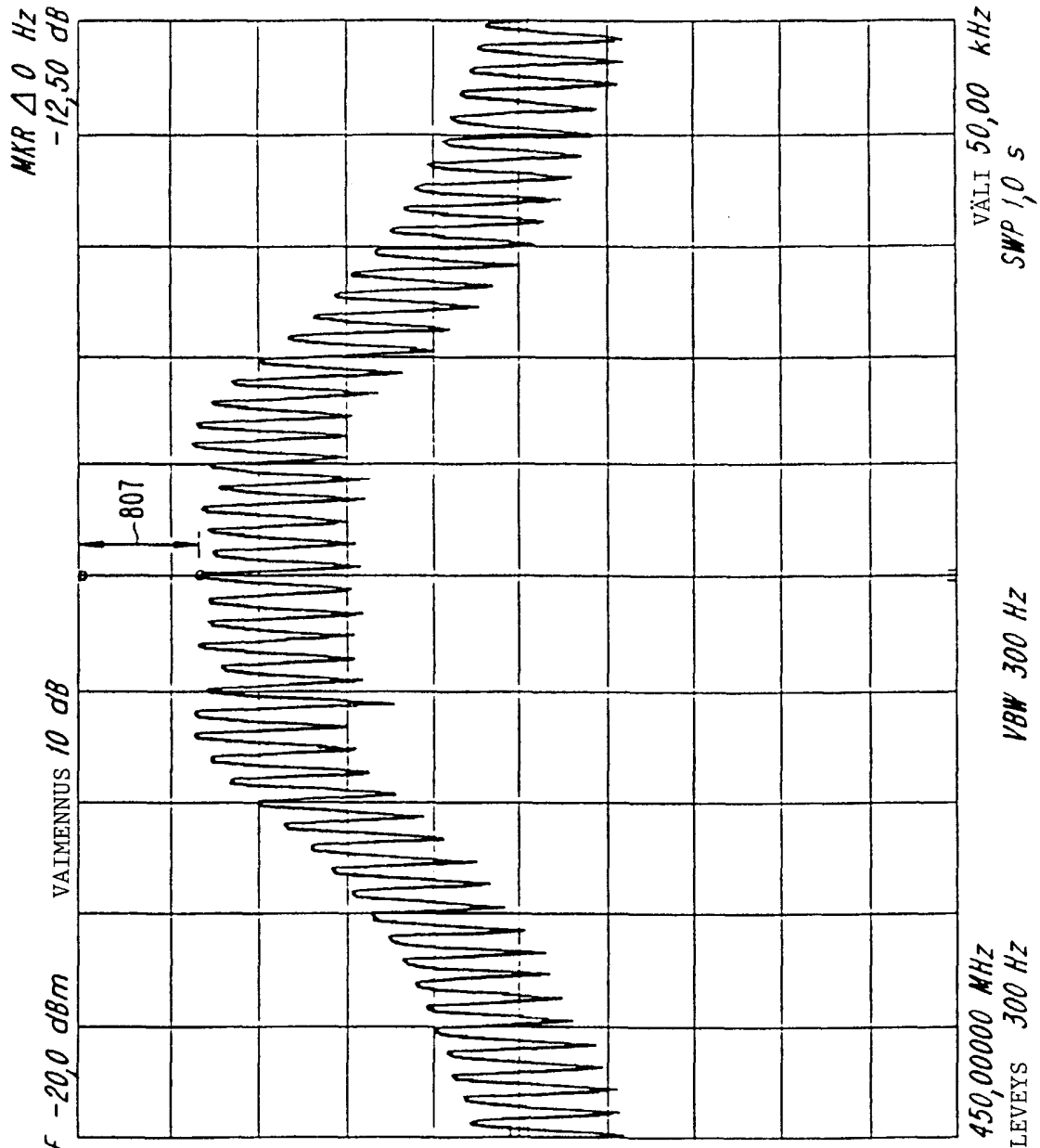

MKR Δ 0 Hz
-12,50 dB
807
REF -20,0 dBm
VAIMENNUS 10 dB
10 dB/
VÄLI 50,00 kHz
SWP 1,0 s
VBW 300 Hz
KESKIKOHTA 450,00000 MHz
VASTAANOTTIMEN KAISTANLEVEYS 300 Hz

Fig. 8c

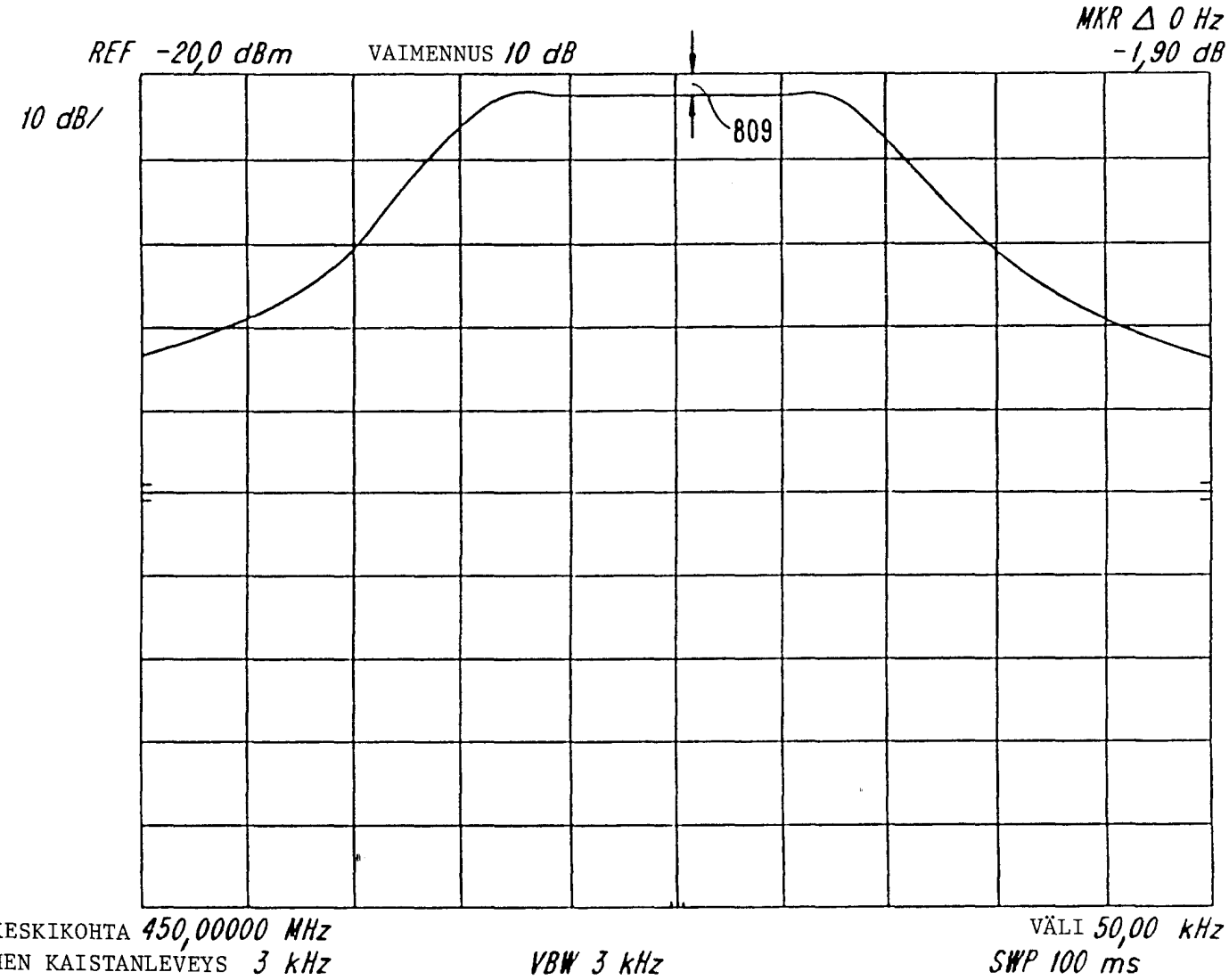

MKR Δ 0 Hz
-1,90 dB
REF -20,0 dBm
VAIMENNUS 10 dB
10 dB/
809
KESKIKOHTA 450,00000 MHz
VÄLI 50,00 kHz
VASTAANOTTIMEN KAISTANLEVEYS 3 kHz
VBW 3 kHz
SWP 100 ms

Fig. 8d