

Kompakti kaksitiekaiutin 40-18 000 Hz

Markku Kauppinen

Bassorefleksi-periaatteella toteutettu 9-litrainen kaksitiekaiutin. Impedanssi 4Ω.

Uusi malli 02/2008 korvaavalla diskantilla

Tämä viimeisin muutos/versio on taas - kuten ennenkin - pakon sanelema, kun diskanttikaiutin on muuttunut tai sen valmistus on kokonaan lopetettu. RTO:n diskantilla DMT-26 syksyllä 2007 julkaistusta mallista tuli Kompaktin kaksitien lyhytikäisin versio kun RTO:n kaiutinelementtien valmistaja yllättäen ilmoitti jo vuodenvaihteessa 2008 että DMT-26:n valmistus on lopetettu.

Nyt diskantiksi on vaihdettu aiempaa Westran pyöreää mallia muistuttava 8ohm Rondo 8G, joka on 73mm laipalla oleva 13mm mylar-diskantti kullatulla kalvolla.

Jäljempänä oleva esittely on vanhaa höpinää ja se on jätetty tähän kokonaisuuden takia, jotta vanhempiin juttuihin ei tarvitsisi erikseen viitata. Erityisesti vanhoihin diskanttityyppeihin liittyvät kappaleet olen dumpannut pois.

Pieni suuri kaiutin

Pieni kaiutin jossa olisi potkua ja olisi taajuusvasteeltaan matalimmat jylinät toistava, on haastava kehittytyö. Hifi-järjestelmän pääkaiuttimien riittävänä taajuusalueena pidetään 40Hz - 17kHz aluetta, jolloin alimpien taajuuksien saavuttamiseksi pienellä kaiuttimella tarvitaan tarkkaa kotelon ja kaiuttimien parametrien sovitusta.

Tärkeintä on hakemalla hakea ja laskeskella eri bassoelementtien sopivuutta pieneen koteloon. Itse löysin sopivan elementin oikeastaan vahingossa. En ollut ajatellut käyttäjä "vain" neljätuumaista elementtiä projektissani, mutta kerran minulta kysyttiin pieniin surround kaiuttimiin sopivaa elementtiä ja huomasin yhden nelituumaisen basson ominaisuudet sopiviksi. Parametrien perusteella päädyin myös laskeskelemaan bassorefleksikotelo, jonka optimitilavuus elementille olisi varsin pieni, noin 9 litraa, ja mikä parasta, laskentaohjelman antama taajuusvastekäppyrä näytti varsin hyvältä.

Elementit elementissään

Bassoelementiksi valitsin siis RTO:n 4" ja 4Ω SP-60/4 elementin sen vuoksi että sen liikkeen pituus ja toistoalue lupasivat sekä hyvää bassotoistoa ja kestoa, että pahvikartiolle ominaista selvyttä äänen. Pienen impedanssin (4Ω) valitsin jotta kaiuttimesta lähtisi ääntä myös kouluissa viime aikoina rakennetuilla vahvistimilla (TDA 2005 / TDA7370). Ääntä näistä kaiuttimista lähteekin edellisillä vahvistimilla jo "järjettömän" paljon.

Bassorefleksikotelo

Moni pitää bassorefleksikotelo huonona, koska sen toiminta perustuu aukkoon tai putkeen, jonka kautta tulee myös muita taajuuksia ulos kuin se bassoalue, jota sillä yritetään voimistaa. Suljettu kotelo taas tuottaa usein tarkan toiston, mutta bassopää jää latteaksi.

Refleksiaukko pyörteineen ja muut putken kautta ulos tulevat äänet todellakin vaikuttavat ääneen. Ne joko vahvistavat tai hei-



kentävät äänialtoa sen mukaan mikä on refleksiaukossa viivästyneen signaalin vaihe suhteessa suoraan kaiuttimesta tulevaan äänialtoon. Jos refleksiputkea ei ole pyörästetty sisäreunoiltaan tai sen halkaisija on liian pieni, aiheuttavat pyörteet ääneen omat suhinansa. Bassorefleksikotelo onkin siksi mielestäni kompromissi ja suosin sitä yleensä vain erittäin kapealla taajuusalueella toimivien bassokaiuttimien eli "subbareiden" kotelona.

Bassorefleksiperiaatteella tehdyistä kaiuttimista ovat ns. halvat pakettikaiuttimet huonoin esimerkki. Niistä lähtevä ääni on lähellä kaaosta. Väärin laskettu, vaimennettu ja rakenteellisesti toteutettu refleksiaukko aiheuttaa ainoastaan väritymiä ääneen ja tekee kaiuttimesta epätarkan.

Jotta aiemmin mainitut refleksiaukon häiriötekijät olisivat mahdollisimman pieniä, valitsin aukon paikaksi kaiuttimen takalevyn. Korkeat taajuudet kun vaimenevat tietyn matkan aikana aina voimakkaammin kuin matalat taajuudet. Takana olevasta refleksiaukosta lähtiessään korkeat taajuudet vaimenevat vieläkin tehokkaammin, ensin levitessään takana olevaan tilaan ja heijastuessaan/hajaantuessaan takana olevasta seinästä (riippuu materiaalista/vaimentavista kodin tekstiileistä yms.). Tämän jälkeen ovat korkeat taajuudet jo niin paljon vaimentuneita, etteivät ne enää suuremmin vaikuta suoraan kaiutinelementeistä lähtevään signaaliin. Matalimmat taajuudet eivät sen sijaan vaimene oikeastaan lainkaan. Ne heijastuvat seinästä takaisin ja refleksiaukon periaatteen mukaisesti vahvistavat bassotoistoa lasketulla viritystaajuudella.

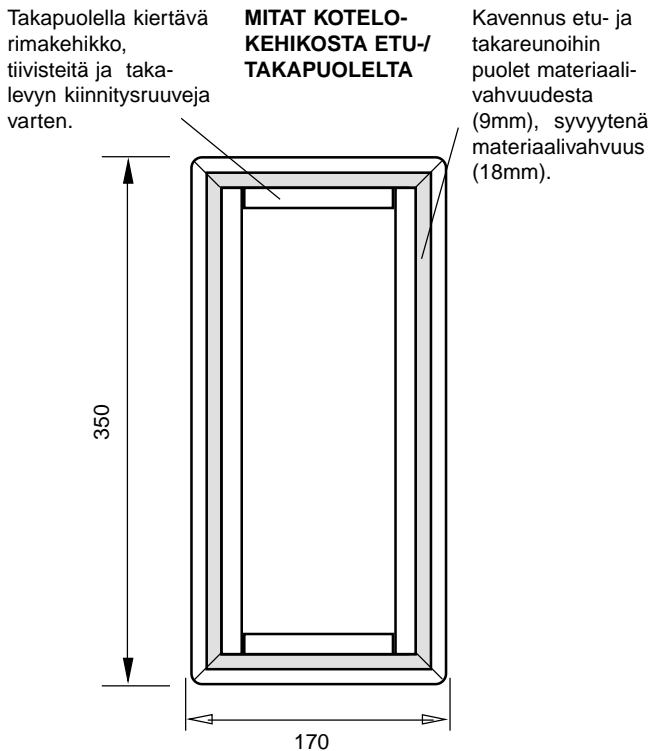
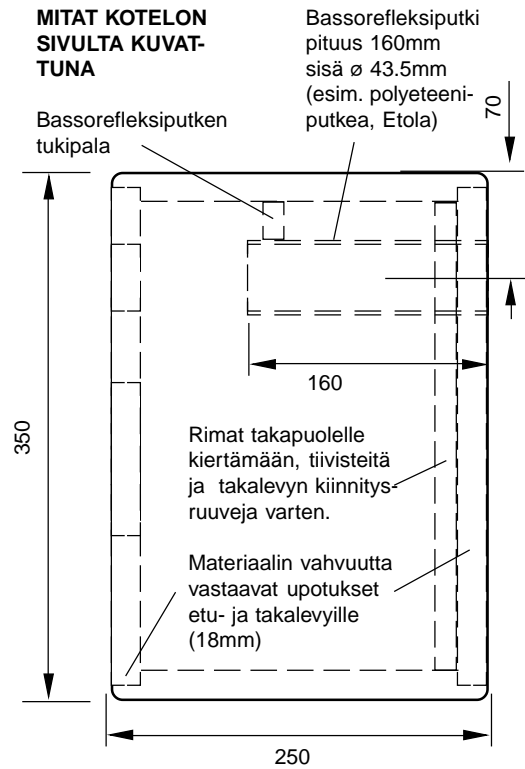
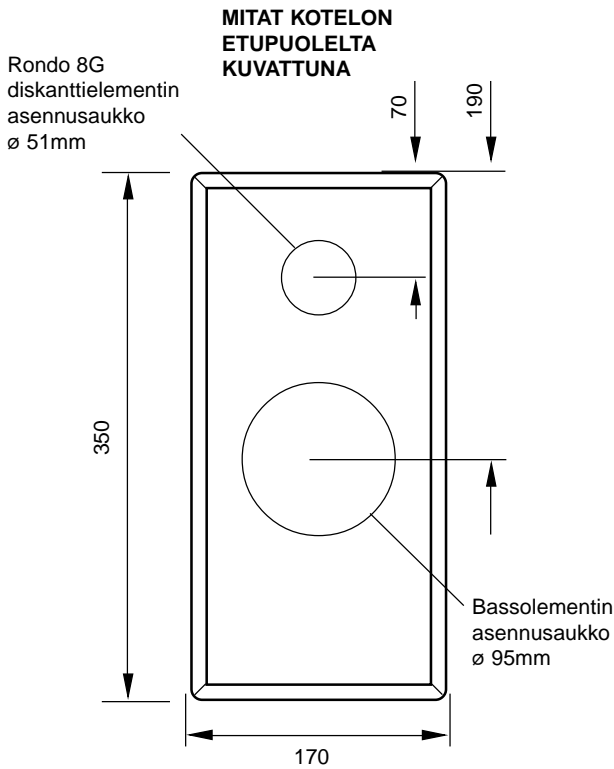
Parhaimmillaan pienehköt bassorefleksikaiuttimet voivat siis soida hyvinkin muhkeasti ja silti tarkasti. Erityisesti viritystaajuuden alueella on refleksitoimisen kaiuttimen särö samalla äänenpaineella pienempi kuin suljetussa kaiuttimessa.

Kaiuttimien sijoitus

Näiden kaiuttimien paras sijoituspaikka on 0.5...1m takaseinästä. Aivan kiinni niitä ei voi seinään laittaa tai kirjahyllyn sisään lainkaan. Tämä takana olevan refleksiaukon takia. Paras olisi, jos takana olisi vaimentavaa materiaalia kuten verhot.

Kotelon mitat, mm

Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.



Kotelon rakenteesta huomattavaa

Kotelon etureunat tulee pyöristää. Kun diskantista lähtevät korkeat taajuudet osuvat kotelon teräviin reunoihin, syntyy niistä lähes joka suuntaan lähteviä heijastuksia, jotka vaikuttavat ääneen kulloisenkin vaiheensa mukaan. Pyöristetyt reunat vaimentavat näitä heijastuksia huomattavasti.

Refleksiputken sisäreunat tulee myös pyöristää, koska terävät reunat aiheuttavat pyörteitä ja siis ylimääräisiä ääniä. Refleksiputki on hyvä lisäksi tukea kotelon yläosaan kiinni, se kun on suhteellisen pitkä tässä kotelossa ja jollain taajuudella tuo muoviputki ilman tukea varmasti resonoi, aiheuttaen lisää ylimääräistä ääntä (lähinnä takalevy soi). Älä sijoita tukea aivan putken sisäpuoliseen päähän vaan esim 50mm päästä, jotta tukikappale ei vaikuta putken ilmavirtaan. Putki ei voi tietenkään olla kiinteästi kiinni tukipalassa, vaan tarkoitus on että putki "nojaa" pienellä voimalla tukipalaan, jossa on pehmuste. Tämä estää putkea ottamasta vauhtia äänialloista ja estää resonanssin. Kannattaa ensin tehdä hieman liian pitkä tukipala ja trimmata sitä sitten niin että kääntää kotelon ylösalaisin ja kokeilee takalevyn kiinnitetyn putken kanssa kampeaako pala vastaan. Tarvittaessa trimmataa palaa sen verran lyhyeksi että se ei ota vastaan.

Tämän jälkeen kokeillaan pehmustetta (esim. solukumi) palan päällä ja tarkistetaan uudelleen että levy menee helposti ja vain kevyesti kammeten paikalleen. Voit käyttää esim. lyhyttä liimapuristinta apuna palan pystyssä pitämiseen kokeilujen aikana.

Ainoa oikea vaimennusaine bassorefleksikoteloon on polyesterivanu. Lasivillasta lähtee aina pieniä ikäviä hiukkasia irti, jotka pölyävät ajan myötä myös putkesta ulos. Älä pakkaa putken pään eteen villaa, vaan jätä jonkin verran tilaa putken pään eteen.

Takalevyn tulee myös kaiuttimen liitin. Valitaan liittimeksi sitten johtopikaliitin tai jokin muu, varmista että liitin tulee asennetuksi ilmatiiviisti.



Kuva kaiuttimesta takalevy irrallaan

Takalevy tulee tiivistää käyttäen esim. P:n muotoista tiivistettä, niittaamalla se kotelon takasisäreunaa kiertävään tukiriimaan. Tätä ennen on kuitenkin varmistuttava siitä että tukirimojen kulmakohdat ovat ilmatiiviä. Käytä tarvittaessa liimaa (kuumaliimaa) tiivistämiseen.

Jakosuodin voidaan asetella paikalleen siten että pohjalle tulee ohut kerros vaimennusmateriaalina käytettävää eriste villaa tai polyesterivanua ja sitten jatketaan kaiuttimen täyttämistä villalla aina refleksiputkeen asti. Jakosuodin pysyy varsin hyvin paikallaan ihan vain villojen välissä. Piirilevyn voi tietenkin ruuvata pohjaan kiinni, mutta tuolloin on käytettävä useata kannatinkappaletta piirilevyn pohjan alla, jotta piirilevy ei lähtisi resonoimaan ja osat irtoilemaan.

Johdot on jätettävä sen verran pitkiksi että jakosuotimen ja takalevyn sijoittelussa paikoilleen ei tule ongelmia.

Kuvan kaiuttimessa (vanhan proton kuva) on poikkeuksellisesti käytetty XLR-liitintä tuloliittimenä. Sen etuja on tiiviyys ja pieni asennusaukko. Toiset vaihtoehdot ovat upotettava paneelimalli, jota varten pitää tehdä 50mm aukko tai sitten pintamalli, jota varten pitää tehdä kaksi reikää, jotka yleensä tulee erikseen tiivistää. Pinnallinen kautinliitin on halpa ja helppo asentaa, mutta ulkona törröttäessään se voi (muovisena) helposti hajota iskusta.

Kotelon osien työstäminen

Kotelo tehdään 18mm mäntyliimalevystä. Kotelon 250mm syvyyden levyistä levyä sahataan ensin pitkittäisiin koteloon tarvittava ainemäärä (ainakin yli 1.1m, jotta kotelo-osien sahaamiseen jiiressä jäisi pelivaraa). Reunoille toiselle puolelle (sisäkanteihin) ajetaan etu- ja takalevyjä kantavat leikkaukset. Leikkauksen syvyyden tulee olla 9mm-10mm, siis maksimi puolet käytetyn levyn ainevahvuudesta, jotta jäävä reuna kestäisi. Leikkauksen leveyden tulisi olla millin-puoli suurempi kuin ainevahvuus, eli n. 19mm. Seuraavaksi katkotaan 45° jiiressä kahdet 170mm ja 350mm pätkät. Etupuoleen kiinteästi liimattava levy tasataan tasohiomakoneessa myöhemmin. Takalevyn pieni tasoero tasautuu tiivisteen ansiosta.

Kotelokehikko ja sen osaset

Viisteisiin jyrskytyihin uriin naputetut lamellopalat helpottavat kasaamista huomattavasti. Kuvan kotelopaloista on lamello-järjestelmän periaate nähtävissä.



Bassorefleksiputki

Bassorefleksiputkena on tässä käytetty harmaata polyeteeniputkea, joka on edullista ja sitä on helppo työstää. Haittapuoliakin aineella on. Polyeteeniä kun ei oikeastaan voi liimata millään. Etolan asiantuntijojen mukaan ainoa varma tapa polyeteeniputken kiinnittämiseen on hitsaus.

Putken juureen takalevyssä onkin mieluummin tehtävä ylimääräinen hylsymäinen tuki. Lisäksi putki on karhennettava hyvin, jonka jälkeen se (mahdollisimman tiukka) reikään työnnettyä vielä liimataan kuumaliimalla kiinni. Kuumaliimaa ei kannata säästää ja karhennetun osan on ulotuttava tietenkin liima-alueelle. Ainakin ensimmäisissä rakennetuissa kaiuttimissa putket ovat edelleen paikallaan edellä kerrotulla tavalla kiinnitettynä.

Refleksiputken pituus riippuu putken sisähalkaisijasta. Mitä suurempi halkaisija, sitä pidempi putki. Tietyn halkaisijan omaava putki ei tietenkään mahdu enää koteloon.

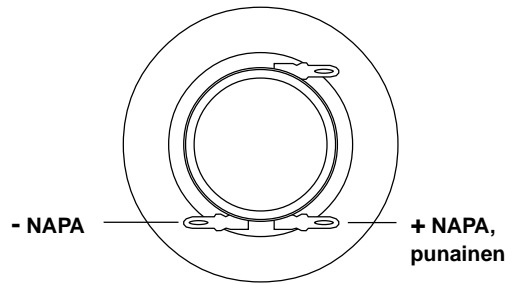
Refleksiputken pituustaulukko

Seuraavassa on halkaisijaa vastaava pituustaulukko niille, joilla on sattumoisin varastossa jotain muuta putkea kuin edellisen sivun äiirroksissa kuvattu polyeteeniputki.

sisä ø	pituus	Putken "viritys"
40	135	Bassorefleksiputken pituutta kasvattamalla saadaan bassotoistoa hieman alemmaksi. Maksimina pitäisin 20% lisäystä. Bassotoisto nimittäin kyllä syvenee mutta sen taso loivenee ja tippuu koko bassoalueella. Kannattaa kuitenkin kokeilla. Pieni huone esim. nostaa tason helposti takaisin.
41	138	
42	147	
43.5	160	
45	173	
46	182	
47	190	
48	200	
- mitat millimetreinä		

Diskantin oikea kytkentä

Rondon diskantissa on ylimääräinen juotoskorva, joka on tarkoitettu kaupallisten kaiuttimien "jakosuodinta" eli bipolaarista elkoa varten apukorvaksi. Punaisella täplällä merkitty korva on plusnapa. Sen viereinen korva vasemmalla on miinusnapa.

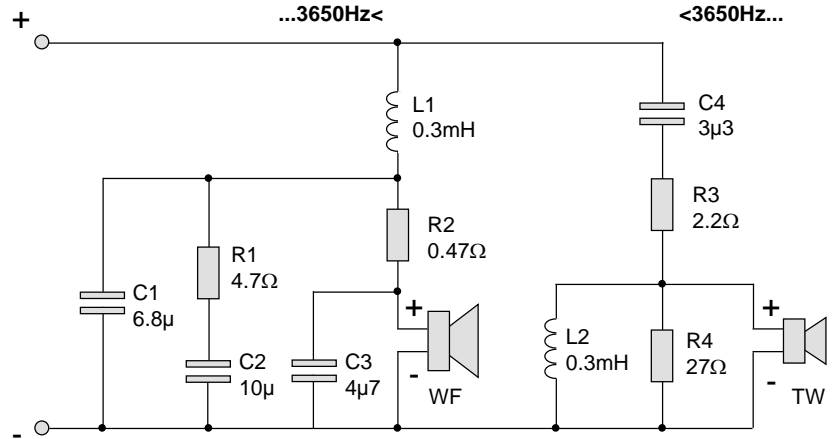


Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

TW	= Diskantti Rondo8G/ 8Ω
WF	= Basso RTO SP-60/4Ω
L1 ja L2	= 0.30mH ilmasydänkela - lanka \varnothing 0.5...0.8mm Cu
C1	= 6.8 μ F 50V polko
C2	= 10 μ F 50V bipolaarinen elko
C3	= 4.7 μ F 50V polko
C4	= 3.3 μ F 50V polko
R1	= 4.7Ω 2W
R2	= 0.47Ω 4W
R3	= 2.2Ω 2W
R4	= 27Ω 2W



Komponenttien tehtävät

- C1 ja L1: basson jakotaajuuden määräävät komponentit
- R1 ja C2: basson impedanssin tasauskytkentä
- C3 ja R2: basson 4.5kHz alueen "piikin" lisävaimennus
- C4 ja L2: diskantin jakotaajuuden määräävät komponentit
- R3 ja R4: diskantin herkkyyden tasaus (bassoa vastaavaksi)

Jakosuotimen komponenttien sijoittelupiirustus

Piirilevy on suunniteltu siten, että lähes millä tahansa rasterilla olevat komponentit sopivat. Katkoviivoilla on merkitty vaihtoehtoiset, eri rasterilla olevat tai esim. vaakamallisten kondensaattoreiden paikat. Kaikkia reikiä ei siis tarvitse välttämättä porata.

Sijoittelupiirustuksen merkinnät

IN+	Tulo, plusnapa
IN-	Tulo, miinusnapa
WF+	Bassokaiuttimelle plusnapaan
WF-	Bassokaiuttimelle miinusnapaan
TW+	Diskanttikaiuttimelle plusnapaan
TW-	Diskanttikaiuttimelle miinusnapaan

