

KAIUTTIMEN ÄÄNEKKYYDEN OPTIMOINTI MUSIIKILLE

Juha Holm¹

¹ Genelec Oy
Olvitie 5
74100 IISALMI

Tiivistelmä

Kolmitiekaiuttimessa voi olla äänekkyuden suhteen kaksitoista rajoittavaa tekijää. Kaikkien kolmen vahvistinkanavan huipputeho tai pitkäaikainen tehonkesto voi loppua. Samoin kaikkien kolmen kaiuttimelementin liikerata tai pitkäaikainen tehonkesto voi loppua. Tässä paperissa esitetään mittaustavat, joilla voi arvioida kaiuttimen maksimiäänekkyyttä musiikkisignaalia käyttäen. Vertailun vuoksi käytetään myös vakiintuneita tapoja mitata maksimiäänekkyyttä kohinasignaaleilla. Pienellä otannalla eri musiikkityylejä saatiin tulokseksi, että kaiuttimen kuormitus vaihtelee merkittävästi musiikkikappaleesta toiseen. Edelleen, kohinasignaalien tuottama kuormitus poikkeaa huomattavasti musiikin kuormituksesta. Kohinasignaali antaa väärän kuvan äänekkyyttä kaiuttimessa rajoittavasta osatekijästä.

Mittauksilla saadaan tietoa siitä, mikä tekijä rajoittaa maksimaalista äänekkyyttä ja silloin parannustoimenpiteet voidaan kohdistaa oikeaan osa-alueeseen. Tuloksista voidaan päätellä, että tässä työssä testatun kaiuttimen äänekkyyttä rajoittavat diskantinkanavan huipputeho ja bassonkanavan tehonkesto.

2 JOHDANTO

Kaiuttimen maksimaalinen äänenpaine on yksi kriteereistä arvioitaessa kaiuttimen suorituskykyä ja soveltuvuutta käyttökohteeseen. Esimerkiksi elokuvateollisuudessa määritellään äänenpainetasoksi 85 dB kuuntelualueelle. Vastaava taso äänitallenteessa on -20 dBFS. Jokaisen kaiuttimen pitää pystyä toistamaan lyhytaikaisesti myös 0 dBFS taso, joka on 105 dB SPL kuuntelualueella. Tämä vaatimus sulkee pois pienemmät kaiuttimet, riippuen kuunteluetaisytydestä. [1]

Tehonkeston lisääminen vaikuttaa helpolta tavalta kasvattaa maksimaalista äänekkyyttä. Sen lisääminen vaatii kuitenkin kompromisseja. Ilmeisin kompromisseista on korkeampi komponenttikustannus. Tehonkeston kasvattaminen vaatii suurempaa puhekelan halkaisijaa ja sen mukana myös magneettipiiriä pitää kasvattaa. Etenkin magneettipiirin kasvattaminen maksaa ja se on yleensä kaiuttimelementin kallein yksittäinen komponentti. Suurempi puhekela kasvattaa myös virran säröjä, painaa enemmän ja suurempi liikkuva massa tarvitsee enemmän virtaa tuottaakseen saman liikkeen. Isomman kelan ympärillä on myös enemmän rautaa, jolloin pyörrevirtojen aiheuttama virran särö kasvaa. Molemmat ilmiöt lisäävät virran säröjä, joka aiheuttaa erityisesti intermodulaatiosäröjä äänenpaineeseen. Virran säröt ovat pääasiallinen särön lähde silloin, kun liikepoikkeama on pieni eli taajuus on suuri. [2]

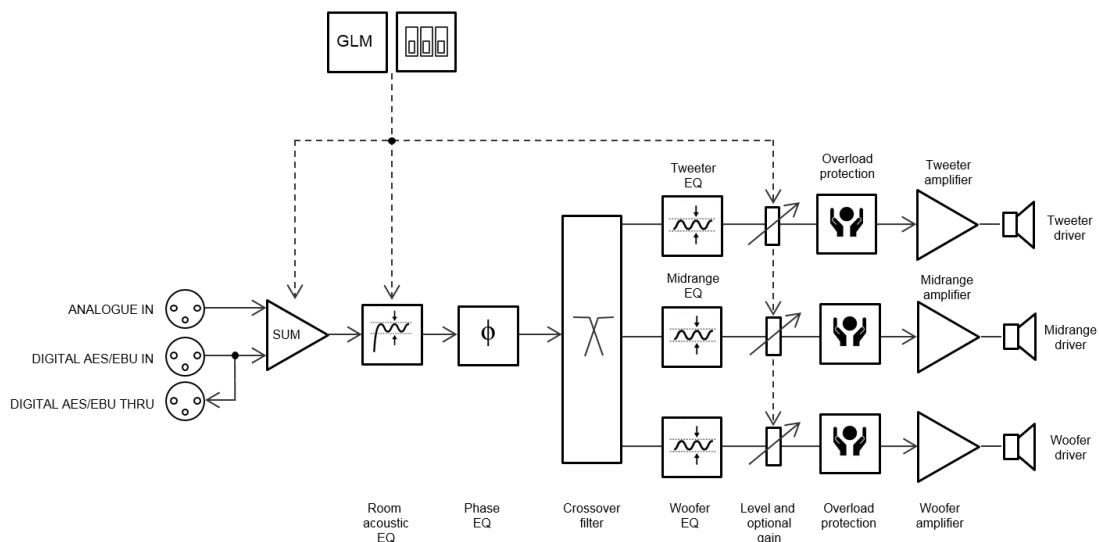
Äänekyyden suhteen optimaalisen kaiuttimen kaikki rajat tulevat samaan aikaan vastaan. Vaihtoehdot ovat: vahvistimen huipputeho tai tehonkesto, elementin tehonkesto tai maksimi liikepoikkeama. Elementin liikepoikkeaman aiheuttamaa rajoitusta ei käsitellä tässä kirjoituksessa.

2 LEIKKAUTUMISEN JA SUOJAN AKTIVOITUMISEN TARKKAILU

Parhaan signaali-kohinasuhteen saamiseksi DA-muuntimen jälkeinen vahvistus kannattaa mitoittaa niin, että 0 dBFS tasolla vahvistin juuri leikkaa. Tämän seurauksena kaiuttimen sisäistä signaalinkäsittelyä tarkkailemalla voidaan havaita, kun DA saavuttaa 0 dBFS, jolloin myös vahvistin leikkaa. [3]

Vahvistimen ja kaiuttimelementin pitkäaikaista tehoa ennustetaan signaalinkäsittelyssä. Ennuste integroi (summaa) kaiuttimelementtiin vaikuttavaksi arvioitua tehoa halutulla aikavakiolla. Useimmiten pitkäaikaisen tehon rajoittaa elementin tehonkesto. Joissain tapauksissa vahvistimen tehonkesto voi olla rajoittava tekijä.

Kuva 1 esittää kolmitiekaiuttimen signaalinkäsittelyn vuokaavion. Pitkäaikaisen tehon tarkkailu ja suojaus tehdään kohdassa ”Overload protection”.



Kuva 1. Kolmitiekaiuttimen signaalinkäsittelyn lohkokkaavio

Musiikki- ja elokuvan ääniraidan spektri, taso ja huippujen kesto vaihtelee [4]. Tällöin myös saavutettava maksimaalinen äänenpaine, leikkautuminen ja suojaaminen riippuvat materiaalin sisällöstä. Tästä syystä koe tehtiin usealla musiikkikappaleella. Kappaleet edustavat useampaa tyylisuuntaa ja aikakautta.

Kaiuttimen maksimiäänekkyys ilmoitetaan usein kohinalla mitattuna. Esimerkiksi PA-kaiuttimissa tämä on vakiintunut tapa. Taulukko 1 esittää kolme vakiintunutta tapaa käyttää vaaleanpunaista kohinaa tai siitä suodatettuja kohinaa. Suodatuksen tavoitteena on muuttaa vaaleanpunaisen kohinan spektri vastaamaan paremmin musiikin tai elokuvan spektriä. [5,6]

Taulukko 1. Kohinoiden huippukertoimet

	Huippukerroin (dB)
Vaaleanpunainen kohina	6-12
IEC 20268 suodatus	6
CTA-2034 suodatus	12
M-noise	17.5

3 TULOKSET

Taulukko 2 sisältää kaikki mittaustulokset. Äänenpainetaso kuvaa kuinka kovaa kaiutinta pystyi soittamaan kyseisellä äänimateriaalilla. Vahvistin leikkautuu, kun ”dBFS” nousee yli -1 arvoon. Lämpösuoja aktivoituu, kun integroitu teho ylittää asetetun 100 % arvon.

Kohinasignaaleilla mitattu lyhytaikainen maksimiäänepainetaso jäi pienemmäksi kuin musiikilla mitattu. Syynä on luultavasti kohinasignaaleiden pienempi huippukerroin (engl. crest factor).

Taulukko 2. Leikkautuminen ja suojaus eri materiaalilla

Artisti	Kappale	Äänenpainetaso, lyhytaikainen (dB SPL)	Diskantti		Keskiääni		Basso	
			DA	Lämpösuoja	DA	Lämpösuoja	DA	Lämpösuoja
			dbFS	%	dbFS	%	dbFS	%
Danny Byrd	Sweet harmony	119.4	0	102	-2	65	-4	98
Aaron Neville	Feels like rain	122.4	0	48	0	66	0	100
Daft Punk	Get lucky	122.4	-1	48	-7	49	0	101
Michael Jackson	Billie Jean	119.5	1	90	-2	63	-2	73
Deadmaus	some chords	117.8	-3	51	-11	43	-5	101
AC/DC	Rock'n roll train	121.4	1	100	-1	75	-1	100
NTI	IEC 60268 kohina		-5	103	-2	104	-5	101
REW	CTA-2034 kohina	106.8	-7	94	-2	102	-2	93
REW	vaaleanpunainen kohina, CF 5.2	100	-6	106	-8	57	-8	47
Rajoittava tekijä musiikilla (n)			4	2	1	0	2	4
Rajoittava tekijä kohinalla (n)			0	2	0	2	0	1
Kaikki			4	4	1	2	2	5

Musiikkimateriaaleilla todettu rajoittava tekijä oli useimmiten diskantin huipputeho tai basson lämpösuojan aktivoituminen (neljä kertaa). Seuraavaksi rajoittavimmat tekijät olivat diskantin lämpösuojan aktivoituminen ja bassovahvistimen huipputeho (kaksi kertaa).

Kohinasignaaleilla mitattu rajoittava tekijä oli useimmiten diskantin lämpösuoja ja keskiäänisen lämpösuoja (2 kertaa). Seuraavaksi yleisin syy oli basson lämpösuojan aktivoituminen.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Musiikkia kuunneltaessa keskiäänisen suojaustaso ei ole rajoittava tekijä. Muut viisi parametria rajoittavat maksimiäänekkyyttä ainakin kerran. Tämän perusteella voi arvioida, että kaiuttimen äänentuotto kyky on kohtuullisen hyvin optimoitu. Diskanttikanavan huipputeho ja bassokanavan tehonkesto ovat useiten rajoittavat tekijät. Niitä parantamalla maksimiäänekkyys parantuisi useimmilla musiikinäytteillä.

Kaikki kolme kohinasignaalia kuormittavat kaiutinta eri tavoin kuin musiikki. Musiikilla ja kohinalla mitattaessa äänenpainetta rajoittaviksi tekijöiksi muodostuivat eri syyt. Tästä voi päätellä, että kokeillut kohinasignaalit soveltuvat huonosti kaiuttimen äänekkyyttä rajoittavien tekijöiden arviointiin.

Tulosten perusteella työssä käytettyä menetelmää voidaan käyttää arvioimaan tarkasti kaiuttimen maksimaalista äänenpainetta rajoittavia tekijöitä. Näin tuotekehitysaika ja komponenttikustannus saadaan kohdennettua niihin tekijöihin, joiden parantamisesta on useimmiten hyötyä.

Tutkimuksen aikana heräsi kaksi ideaa seuraaviin jatkotutkimuksiin. Ensimmäisenä, musiikin ja kohinan tarkempi analysointi keskittyen taajuussisältöön ja dynamiikan vaihteluun. Toisena aiheena särörajan tai muun laadullisen mittarin lisääminen rajoittavien tekijöiden analyysiin.

VIITTEET

- [1] SMPTE RP 200:2012 - SMPTE Recommended Practice - Relative and Absolute Sound Pressure Levels for Motion-Picture Multichannel Sound Systems.
- [2] Tutorial: Loudspeaker nonlinearities - Causes, parameters, symptoms. Article in Journal of the Audio Engineering Society 54(10):907-939 · October 2006.
- [3] How do you set system gain structure?, Chuck McGregor, Community Professional Loudspeakers, 1999.
- [4] Sound Pressure Capacity Requirements for Monitoring Immersive Audio Formats, Mäkivirta et al, ICSA 2015.
- [5] IEC 60268-1:1985 “Sound system equipment - Part1: General”, International Electro-technical Commission (IEC).
- [6] CTA 2034-A Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers, Consumer Technology Association (Formerly CEA), 2015.