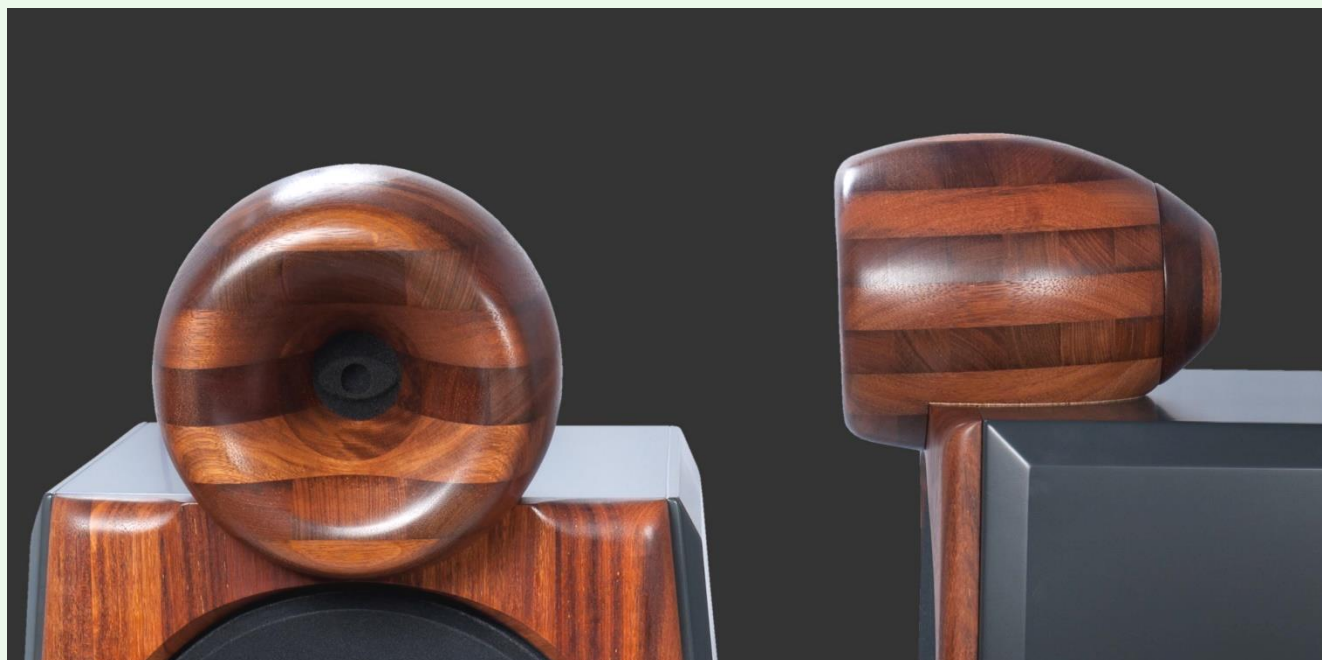


#### 4 REFERATAS (Red. V1.2)

### AXIHORN CP5TB: AD modulis didelės skiriamosios gebos aktyvinei garso sistemai NIDA

ČESLOVAS PAPLAUSKAS

„CP AUDIO PROJECTS“,  
Kaunas, 2012 m.



NIDA sistemai buvo reikalingas ruporinis modulis, turintis ypatingai mažus iškreipimus ir reikiamą garso sklaidą. Tinkamo pramoninio ruporo surasti nepavyko, todėl nuspręsta sukonstruoti specialų įrenginį.

AXIHORN CP5TB ruporas sukonstruotas taip, kad darbinio paviršiaus forma ir gabaritai užtikrintų optimalų TAD TD-2002 draiverio apkrovimą. Išorinė paviršiaus forma ir originalus draiverio tvirtinimo būdas be papildomų adapterių minimizuoja vidinius draiveris-ruporas atspindžius.

Kruopščiai parinktas draiveris, ruporas su įdėklu-slopintuvu ir paties ruporo montavimas būdas akustinėje sistemoje leidžia labai kokybiškai atkurti penkias aukštesnes muzikos oktavas su mažiausiais iškreipymais – taip trumpai galima apibūdinti pagrindines sistemos NIDA Mk1 aukštųjų dažnių atkūrimo modulio AXIHORN savybes.

Papildomai ištirti įrenginį nuspręsta po to, kai sistemos NIDA Mk1 netiesinių iškraipymų matavimų rezultatai buvo palyginti su buitine sistema FOCAL „Nova-Utopia“. [3-jame referate](#) pateikti kambaryje išmatuoti abiejų sistemų parametrai, tačiau tokius matavimus įtakoja aplinka. Todėl nuspręsta matavimus pakartoti lauke. Lauko sąlygos leidžia išmatuoti labai tiksliai, tik viena aplinkybė - vengiant pašalinių trikdžių, matuoti reikia nakties tyloje.

Matavimai atlikti tokiais įrenginiais:

- mikrofonai: dbx RTA-M ir kondensatorinis MK-12 su lempiniu stiprintuvu bei išoriniu poliarizacinės įtampos šaltiniu;
- CREATIVE E-MU 0404 USB išorinis garso kontroleris ir kompiuteris su programine įranga;
- galios stiprintuvas FORTE AUDIO Model 1a;
- SPL matuoklis MASTECH MS6701.

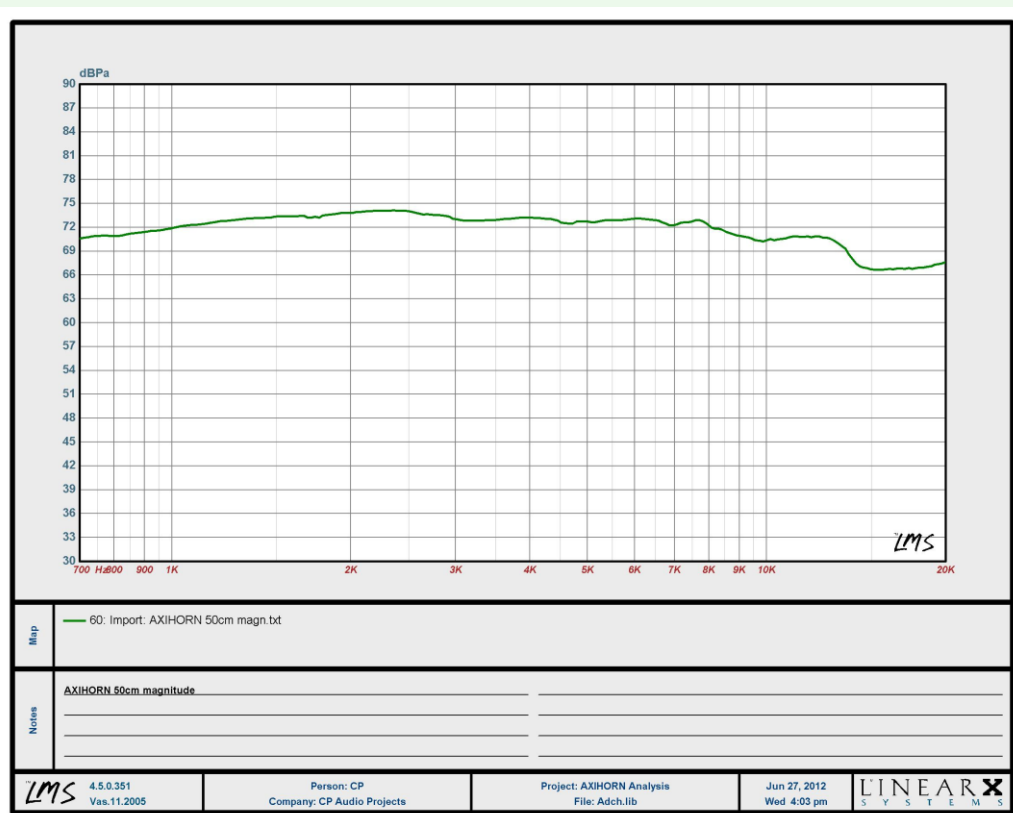
Be pagrindinio matuojamo objekto AXIHORN CP5TB, buvo išmatuoti ir buitinėse sistemose naudojami aukštųjų dažnių garsiakalbiai su kupolinėmis membranomis. Kadangi dauguma kupolinių turi panašias charakteristikas, čia pateikiami tik vieno tokio garsiakalbio ([VIFA PL27TG35](#)) matavimų rezultatai.

Siekiant išvengti atspindžių, tyrinėjami objektai buvo pakelti į 90 cm aukštį, o difuzoriai nukreipti į viršų. Artimiausias šoninis objektas, galintis įtakoti matavimus buvo ne arčiau 2,5 metrų. Tai atitinka penkis žemiausios tiriamos garso bangos ilgį ir užtikrina reikiamą matavimų tikslumą. Siekiant didžiausio tikslumo, daugelis matavimų buvo atliekama slenkančio sinusoidinio signalo metodu, kai parenkamas mažas (1/48 oktavos) dažnio kitimo žingsnis. Matuojama buvo platesniame dažnių diapazone, tačiau rezultatai pateikti 700 - 20000 Hz dažnių ruože.

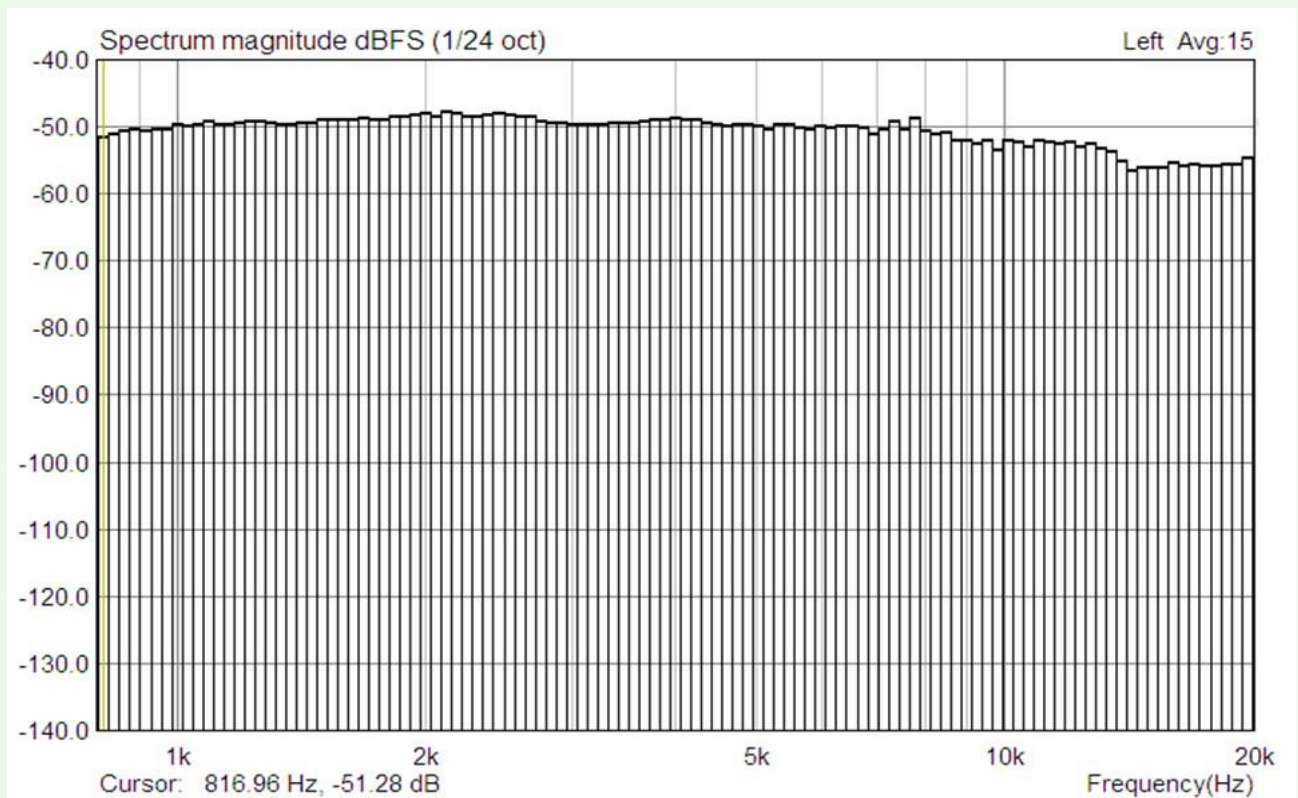
Tikslūs matavimai slenkančios sinusoidės metodu trunka ilgai, todėl pašalinių trukdžių sumažinimui buvo pasirinktas didesnio jautrio kondensatorinis mikrofonas su kardioidine charakteristika. Mikrofono stiprintuvas lempinis, o bendras matavimo sistemos dinaminis diapazonas pakankamai didelis (ne mažesnis kaip 120 dB). Atstumas nuo tiriamo objekto iki mikrofono 50 cm ir 130 cm. Akustinio signalo amplitudė nustatyta 70 dB @ 50 cm. Tai atitinka tylų muzikos klausymą patalpoje. Signalas buvo paduodamas tiesiai į garsiakalbį be dažnių filtrų.

Kadangi matavimų tikslas buvo ne absoliutūs parametrai, SPL lygių kalibravimas nebuvo atliekamas. Taip pat liko neįvertinti stiprintuvų, garso kontrolerio ir mikrofono iškraipymai bei dažninės charakteristikos netolygumai. Šiuo atveju, tai neturi didesnės įtakos rezultatams įvertinti ir išvadoms padaryti.

Patogesniam išmatuotų kreivių pavaizdavimui, duomenys perkelti į Linear-X programų paketą "LMS".



1 pav. AXIHORN CP5TB dažninė charakteristika, išmatuota 50 cm atstumu nuo ruporo „burnos“.



2 pav. AXIHORN CP5TB atkūrimo spektras, kai paduodamas rožinio triukšmo signalas. Spektrogramos skiriamoji geba - 1/24 okt.

AXIHORN CP5TB visoje darbo juostoje pasižymi dideliu dažninės charakteristikos (toliau - ADCH) tolygumu. Nedidelis dažninės nuolydis viršutinėje muzikinio signalo oktavoje užtikrina mažiau ausis varginantį muzikos klausymą. Ilgametė praktika patvirtina tokį viršutinės oktavos atkūrimo formavimą. Tai taip pat atitinka akustikos profesoriaus Ted Uzzle rekomendacijas, kurias rasite straipsnyje [Equalization Techniques and Practices](#). 3 pav. parodyta įrašų studijoms rekomenduojama ADCH forma, kurią NIDA Mk1 sistemos aukštųjų dažnių modulyje formuoja specialus įdėklas-slopintuvas (4 pav.). Akustinis dažninės koregavimas leidžia išvengti pasekmių, būdingų ADCH formuojant elektroniniais grandynais.

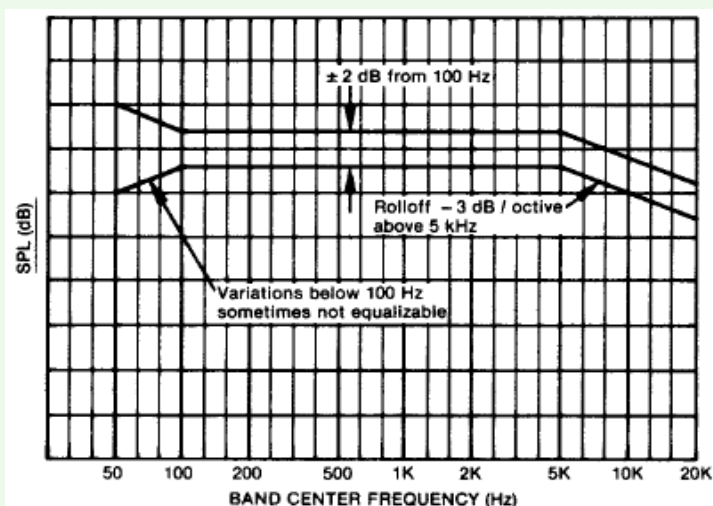
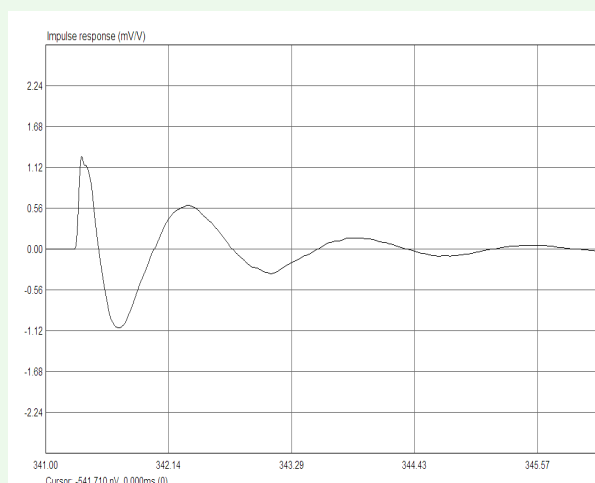


Figure 3. Recommended response curve for studio control room monitoring systems.

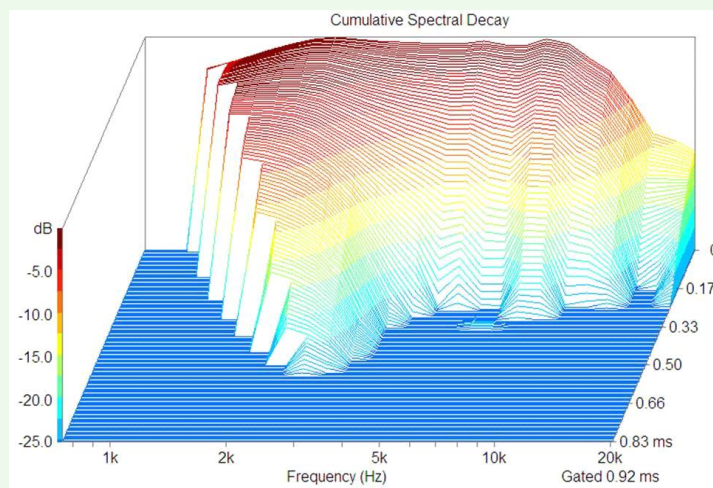


3 pav. Garso įrašų studijoms rekomenduojama ADCH kreivė su 3dB/okt. nuolydžiu AD srityje

4 pav. AXIHORN CP5TB įdėklas-slopintuvas



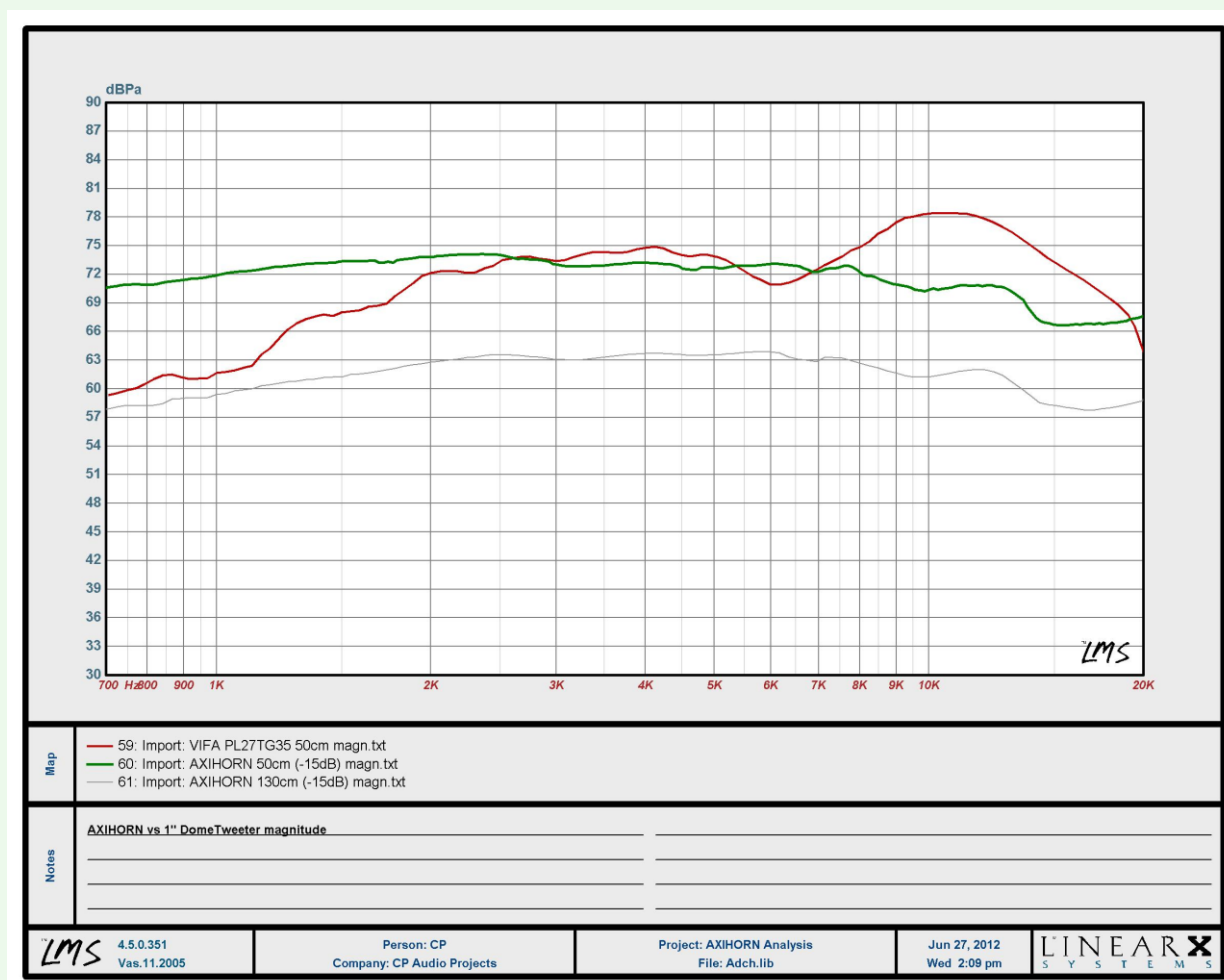
5 pav. AXIHORN reakcija į srovės impulsą (Step response) 5 ms laiko zonoje



6 pav. AXIHORN spektro pokytis, pasibaigus poveikio signalui („Waterfall“ arba Cumulative Spectral Decay grafikas)

Grafikai parodo, jog AXIHORN CP5TB pereinamieji procesai nusistovi greitai ir užsibaigia sklandžiai. „Waterfall“ grafike matome, kad impulsiniam poveikiui pasibaigus, sistemos pereinamieji procesai užsibaigia per 0,5 ms.

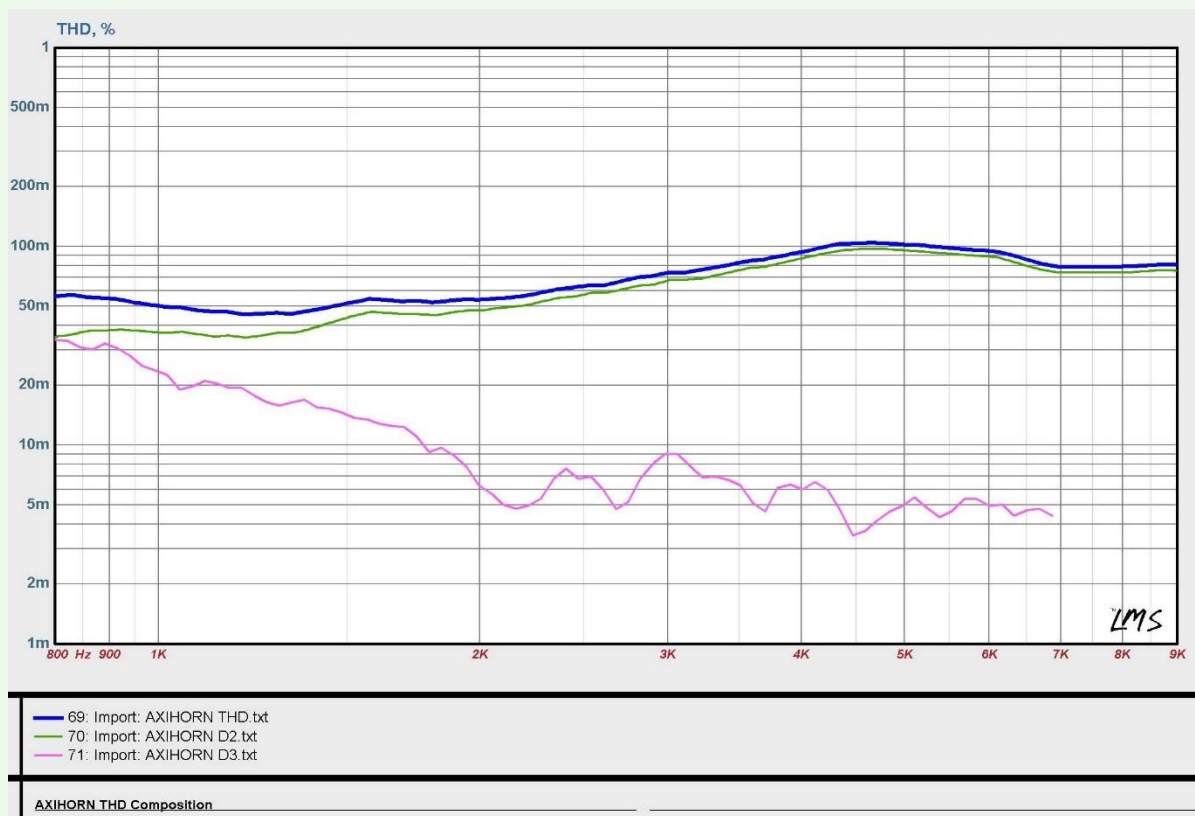
Žemiau pateikiami 1" AD garsiakalbio su kupoline membrana ir AXIHORN modulio pagrindiniai parametrai.



7 pav. VIFA PL27TG35 ir AXIHORN CP5TB dažninės charakteristikos. Lengvesniam ADCH palyginimui, AXIHORN grafikai paslinkti -15 dB.

Grafike žalia spalva pavaizduota AXIHORN CP5TB dažninė, raudona - VIFA PL27TG35, o pilka - AXIHORN CP5TB, kai mikrofonas yra 1,3 m atstumu. Matome, kad didesniame atstume AXIHORN sistemos ADCH pakinta nežymiai. Tai yra todėl, kad sistemos spinduliuojamas akustinis galingumas mažiau priklauso nuo atstumo.

Lyginant su 1" kupoliniais garsiakalbiais, AXIHORN ruporinė sistema turi žymiai tolygesnę ADCH ir šis tolygumas mažiau priklauso nuo patalpos dydžio.



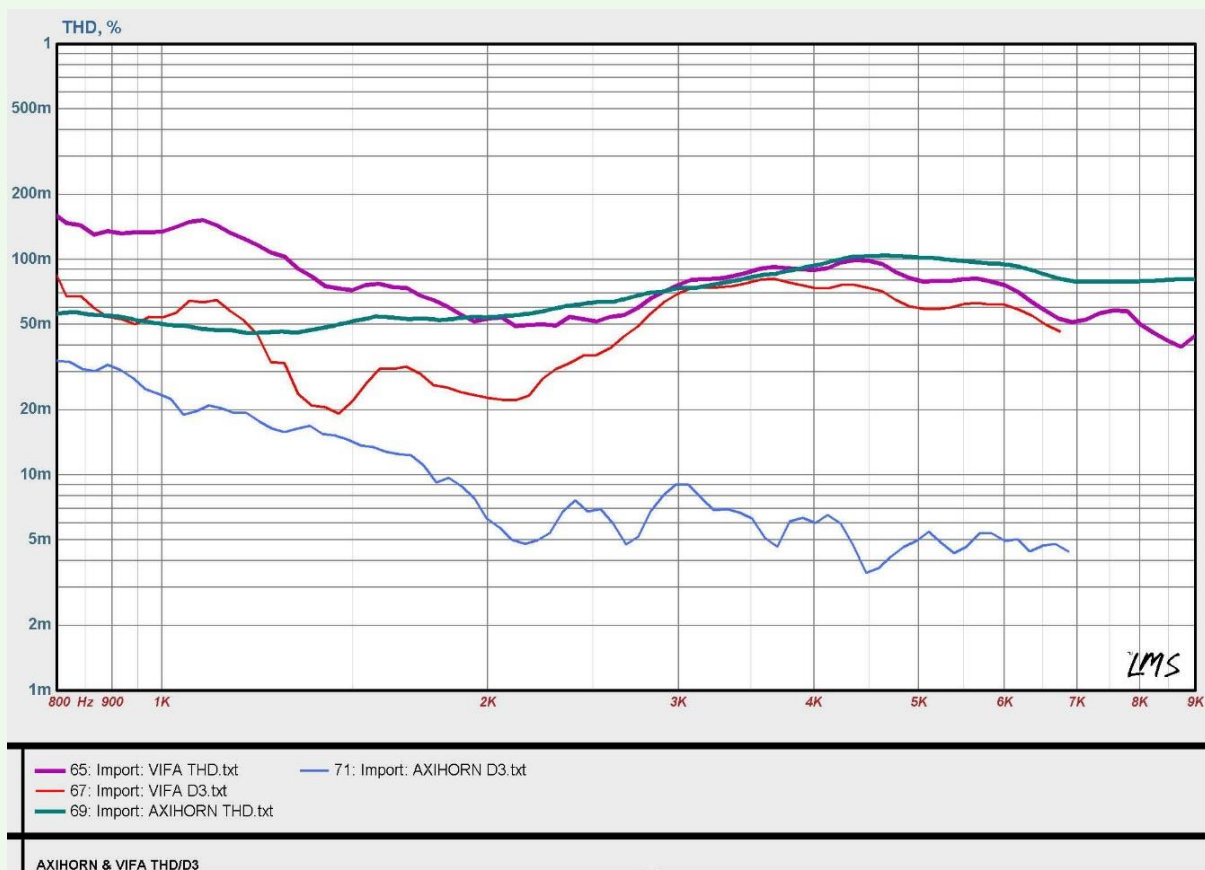
8 pav. AXIHORN CP5TB THD iškraipymai (mėlyna spalva) ir pagrindinės dedamosios: antroji iškraipymų harmonika D2 - žalia, trečioji D3 - violetinė

Jautriausioje klausos zonoje AXIHORN CP5TB iškraipymai yra labai maži (THD 0,05 - 0,08%). Svarbu tai, kad iškraipymų spektre vyrauja lyginės harmonikos.



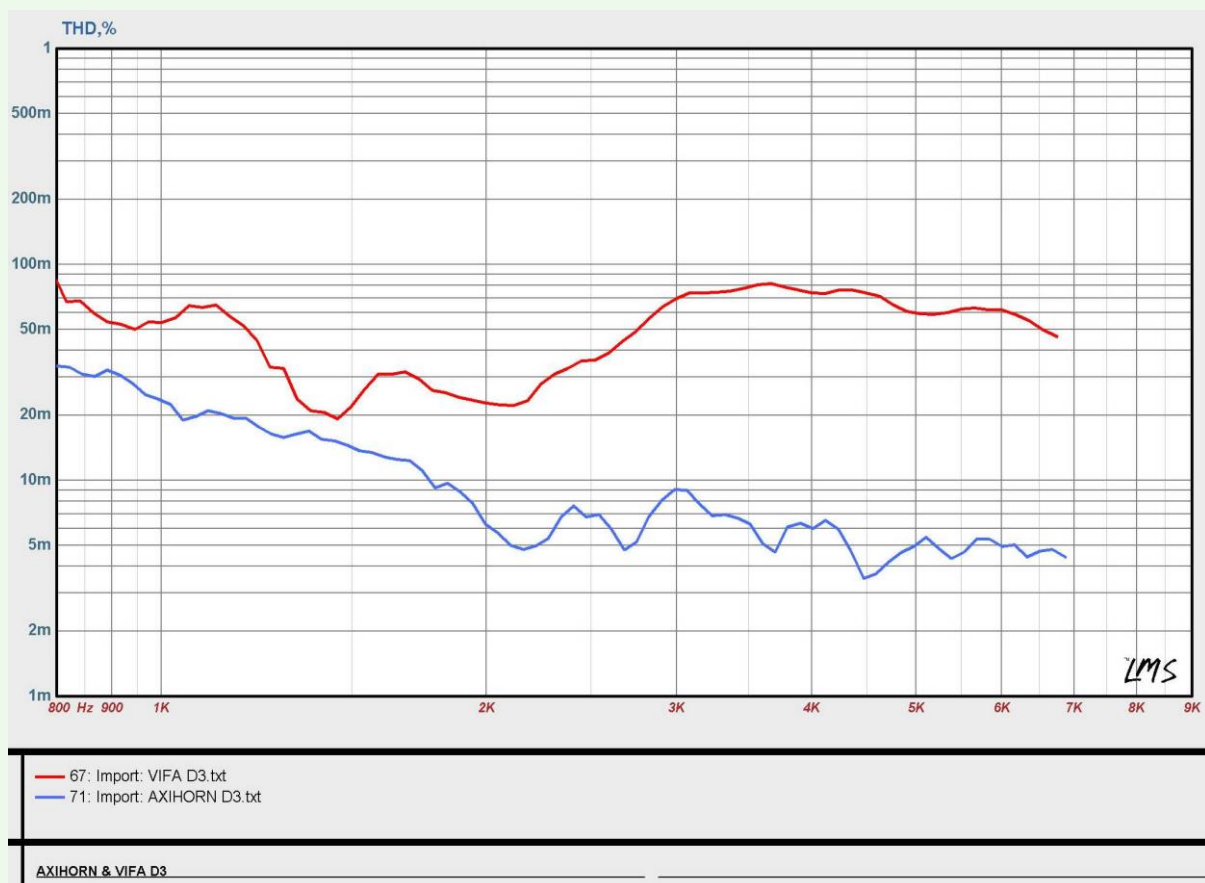
9 pav. VIFA PL27TG35 iškraipymai:  
THD - violetinė spalva, antroji harmonika D2 - žalia, trečioji D3 - raudona





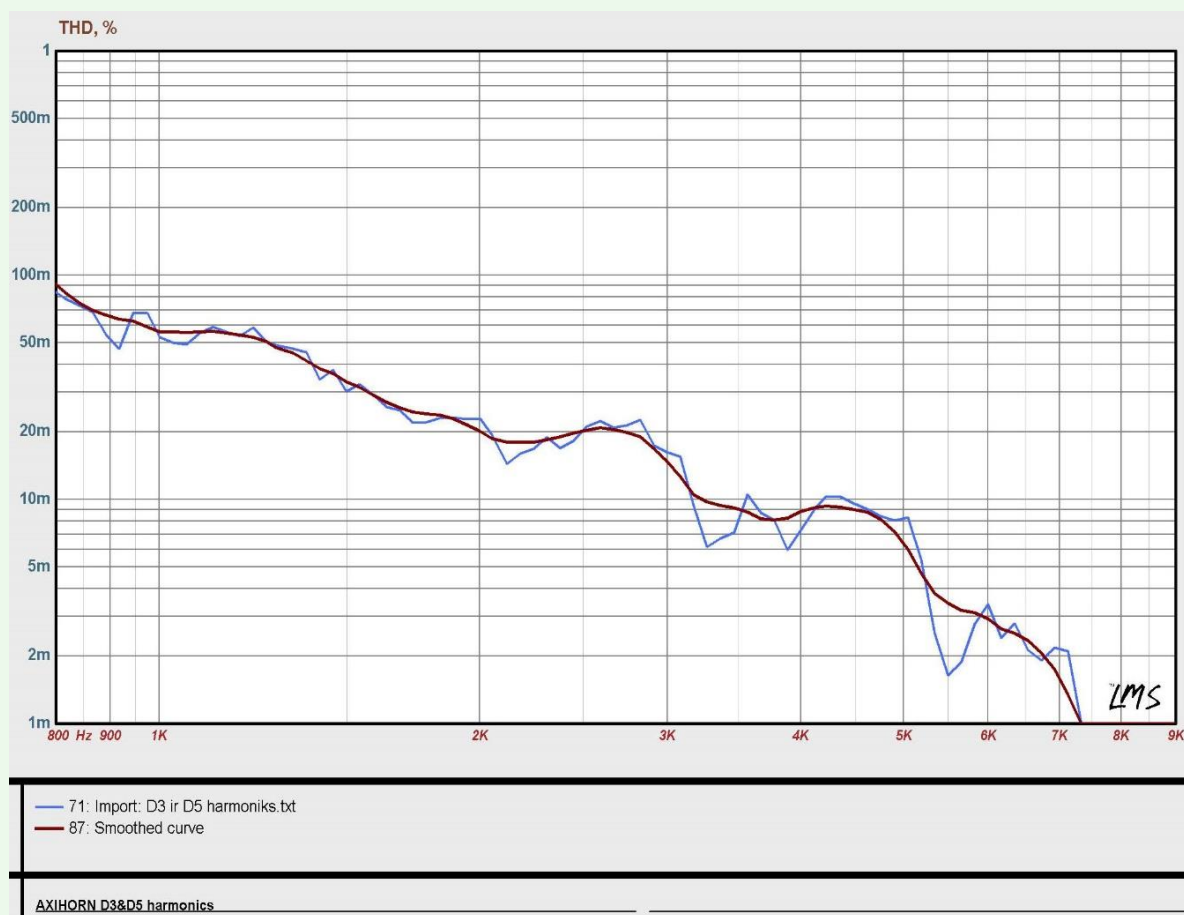
10 pav. AXIHORN ir VIFA PL27TG35 iškraipymai.  
THD: AXIHORN – žalia, VIFA – violetinė.  
Trečioji harmonika D3: AXIHORN – mėlyna, VIFA – raudona

1" garsiakalbis su kupoline diafragma turi žymiai didesnius 3-ios harmonikos D3 iškraipymus. Lyginant su lyginėmis, nelyginės harmonikos labiau girdimos ir mūsų klausą jas blogiau toleruoja.



11 pav. Nelyginės harmonikos D3 amplitudės charakteristikos:  
AXIHORN – mėlyna, VIFA PL27TG35 – raudona

Bendras AXIHORN modulio nelyginių harmonikų D3 ir D5 lygis atvaizduotas 12 pav.

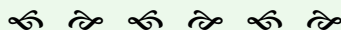


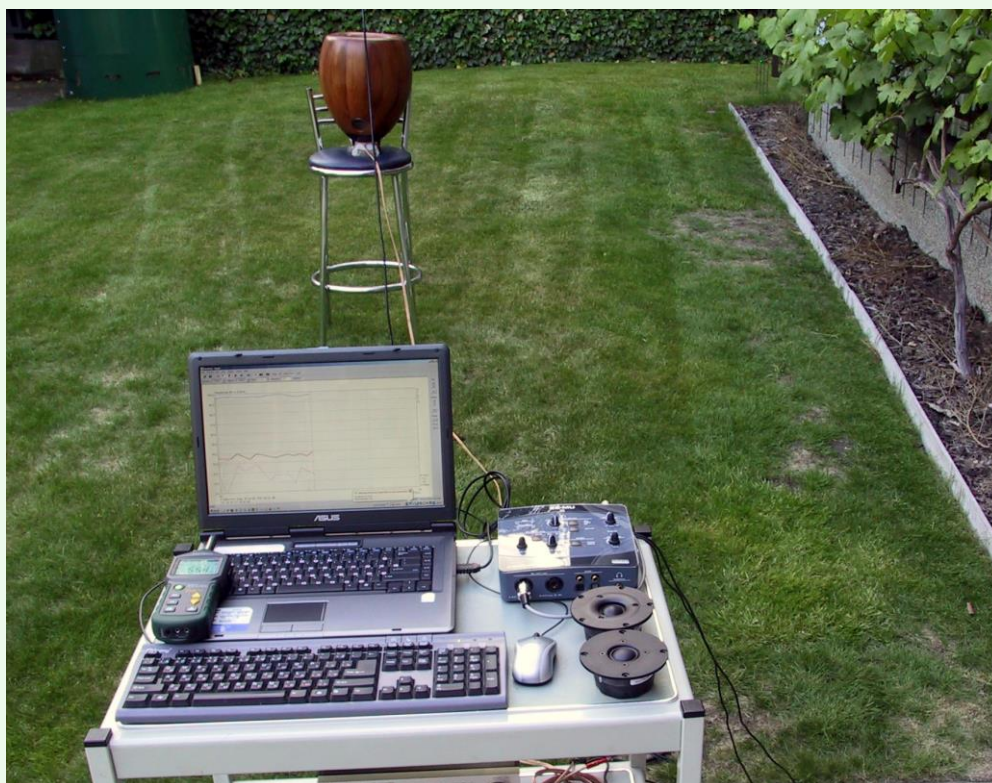
12 pav. AXIHORN nelyginių harmonikų D3 ir D5 suminė kreivė (bordo - suvidurkinta)

Visame AXIHORN modulio darbo diapazone nelyginių harmonikų suminė amplitudė nesiekia 0,1%, kai akustinio signalo amplitudė yra 70 dB @ 50 cm. Vidutinis iškraipymų lygis yra apie 0,02% visame darbiname diapazone.

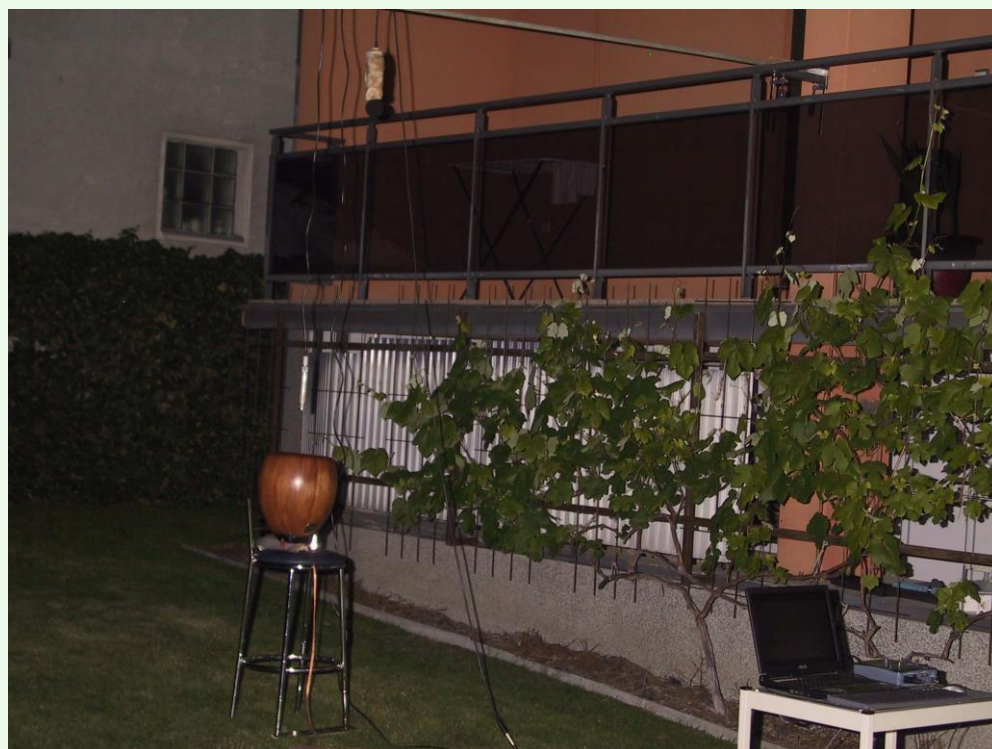
Iškraipymų matavimai rodo, kad AXIHORN CP5TB modulio iškraipymuose vyrauja lyginės harmonikos, o buitinėse sistemose naudojamų kupolinių AD garsiakalbių – nelyginės. Jautriausioje klausos dažnių juostoje šių „blogųjų“ harmonikų lygiai skiriasi apie 10 kartų. Panašūs rezultatai buvo gauti lyginant aktyvinę ruporinę sistemą NIDA Mk1 su pasyvine-buitine FOCAL Nova-Utopia.

Labai svarbu tai, kad sistemos AXIHORN jautris yra 110 dB/W/m, o 1" kupolinių garsiakalbių jautris yra apie 100 kartų mažesnis (apie 90 dB/W/m). Jautriai sistemai dirbant maksimaliu galingumu, ruporinės sistemos draiveris apkraunamas nežymiai – maksimalus NIDA Mk1 AD modulio apkrovimas, esant 200 W žemųjų dažnių galingumui tėra 7 vatai. Todėl pasiekus maksimalų sistemos SPL, bendri NIDA Mk1 sistemos iškraipymai išlieka nedideli.



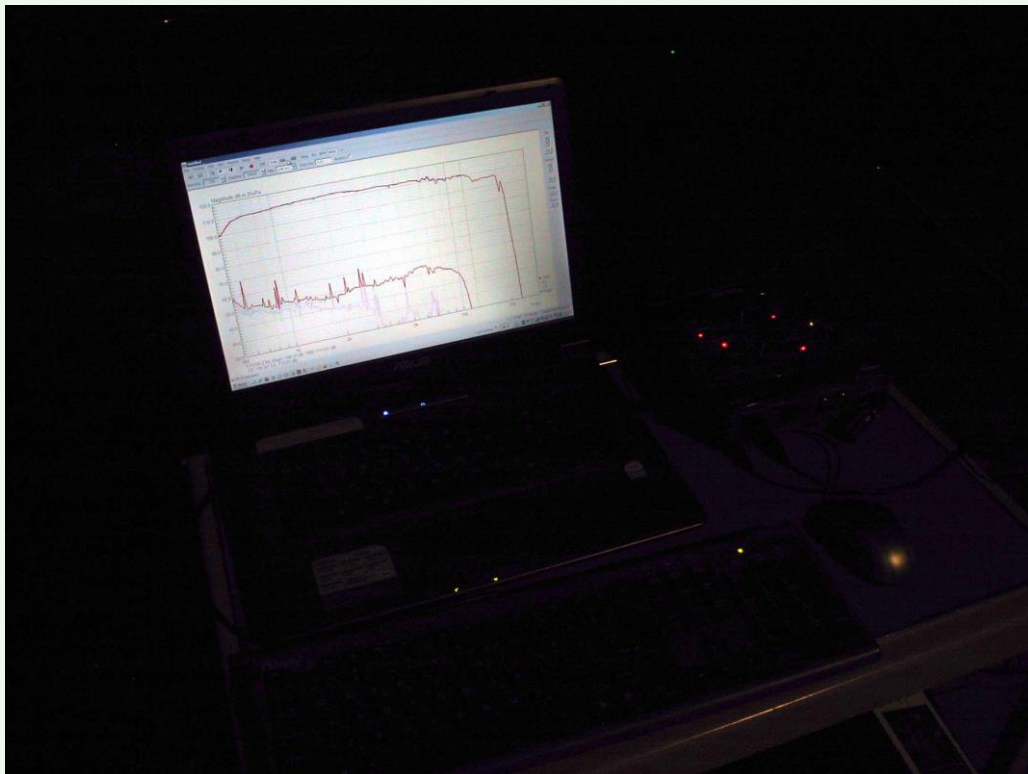


13 pav. Matavimams paruošti įrenginiai



14 pav. AXIHORN modulio akustinių parametrų matavimas





15 pav. Matavimai buvo atliekami naktį. Monitoriaus ekrane matosi AXIHORN modulio ADCH ir THD matavimų rezultatai 500 Hz-24 kHz dažnių ruože

### **Išvados:**

1. AXIHORN modulis turi labai mažas nelygines harmonikas ir šie iškreipymai yra žymiai mažesni už būtinėse sistemose naudojamų kupolinių (*Dome* tipo) aukštųjų dažnių garsiakalbių iškreipimus.
2. Matavimai atlikti nedideliu SPL (70 dBC) lygiu. Klausant muziką didesniais SPL lygiais, kokybės skirtumai tarp didelio jautrio ruporinių ir mažo jautrio kupolinių garsiakalbių išryškėja dar labiau.
3. Šiuolaikinius didelio dinaminio diapazono įrašus kokybiškiau atkurti gali didelio jautrio ruporinės sistemos.

### **Literatūra:**

1. „Horn Theory“ by Bjorn Kolbrek. „Audio Express“, 2008.
2. „Horn Loudspeaker Design“ by J. Dinsdale. „Wireless World“, 1974.
3. „Testing loudspeakers“, Joseph D'Appolito. ISBN: 1-882580-17-6
4. „Low-Frequency Loudspeaker Assessment by Nearfield Sound-Pressure Measurement“, D.B KEELE, JR. Journal of the Audio Engineering Society, 1974.
5. „Waveguide Phase Plug“, E. Geddes. US Patent Application US 2007/0102232
6. „Equalization Techniques and Practices“, Ted Uzzle. Altec Lansing Engineering Notes, „Technical Letter No.232A“.
7. „Loudspeakers For Music Recording and Reproduction“, Philip Newell and Keith Holland. ISBN-13: 978-0-240-52014-8