

## Minkä arvoinen kuulomme todella on?

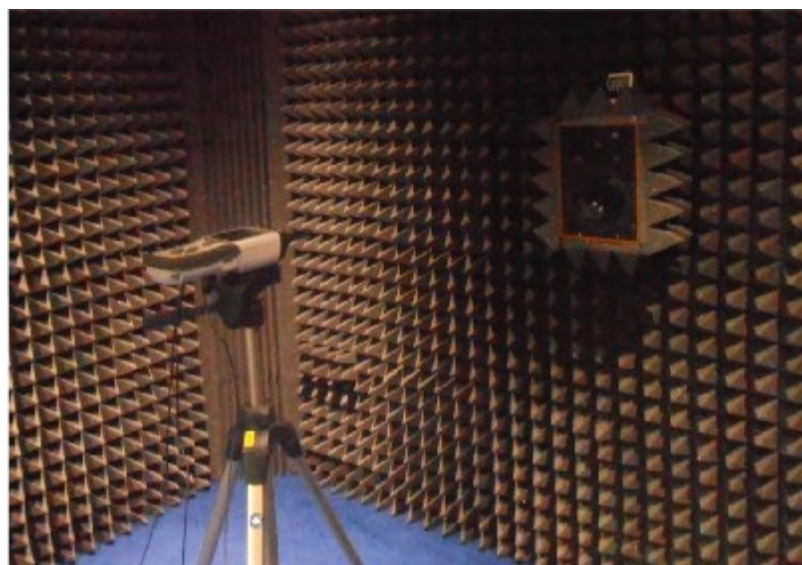
Ovatko kaikki mittarit tasavertaisia? Suoritimme useille edullisille mittareille, joiden väitetään täyttävän IEC61672-vaatimukset, määräaikaistestit nähdäksemme, kuinka hyvin ne toimivat.

**John Campbell ja Martin Williams (käännös Tapani Ollila, MIP Electronics Oy)**

*Alkuperäisteksti julkaistu Acoustic bulletin julkaisussa 05/06 2021*

Voi olla houkuttelevaa ostaa halvin työkalu ammattikäyttöön, varsinkin jos sen väitetään täyttävän kaikki asiaankuuluvat vaatimukset. Mutta voiko näihin väitteisiin luottaa? Pitäisikö ostajan niellä nämä lausunnot sellaisenaan vai suolalla maustettuina? Kuusi mittaria valittiin satunnaisesti ja testattiin kahdessa riippumattomassa, akkreditoidussa ISO 17025 UKAS -laboratoriossa. Kaikilla kuudella mittarilla vähintään yksi testi jäi läpäisemättä. Monet mittarit epäonnistuivat useissa testeissä eivätkä ne täyttäneet perusvaatimuksia, jotka koskevat tarvittavien tietojen toimittamista määräaikaistestien suorittamiseksi.

Tämä tutkimus saattaa tuntua hieman oudolta lähestymistavalta tieteellisen lehden tekniseksi julkaisuksi, koska nämä laitteet eivät ole työkaluja, jotka ammattilainen valitsisi. On kuitenkin ihmisiä, joilla on akustiikka toissijaisena tai kolmanneksi tärkeimpänä työtehtävänä ja jotka ovat saattaneet valita hinnan vuoksi halvan mittarin, joka on merkitty vakiintuneilla standardiviittauksilla. Akustisissa mittauksissa tärkeintä on, että mittarit sopivat tarkoitukseensa. Jos tavoitteena on säätää kotona jotain hifilaitetta, mikä tahansa äänitason ilmaisin käy. Jos mittarin on kuitenkin tarkoitus tukea lakisääteistä hättäväitettä tai mittaus on osa kuulonsuojausohjelmaa, on mittauksen oltava jonkin sertifioitavan standardin mukainen tietyllä tarkkuustasolla. Tällöin saadaan pienellä vaivalla ja kohtuullisella epävarmuudella riittävän tarkat tiedot. Mittauslaite on keskeinen osa mittauksen epävarmuutta, joten kaikkien virallisia tai lakisääteisiä vaatimuksia tukevien mittauksien suorituskyky on ymmärrettävä hyvin. Kansainvälinen standardi IEC 61672 kattaa äänitasomittarit. Siinä määritellään, miten laitteen suunnitteluarvot muodostetaan (osa 1), miten tehdään laite-erän suunnitteluarvojen testaukset (osa 2) ja testit, jotka liittyvät käyttöön (määräaikaistarkastus, osa 3).



**1. Suunnitteluarvot:** Tässä määritellään, mitä laitteella tehdään ja kuinka tarkasti nämä tavoitteet on määrä saavuttaa. Tässä sallitaan kaksi eri laiteluokkaa, luokan 1 (tarkkuus) laitteet ja luokan 2 (yleiskäyttöinen) laitteet. Molemmilla luokilla on samat suunnittelutavoitteet, mutta luokan 2 mittareille sallitaan suuremmat toleranssit. Laitteen luokittelu ja suunnitteluarvojen määrittäminen ovat valmistajan vastuulla.

**Yllä:** Vapaakenttätesti kaiuttomassa huonetilassa

**2. Tuote-erän arviointi:** Tässä käsitellään perustavanlaatuisia asioita siitä, kuinka hyvin suunnitteluarvot on toteutettu. Lisäksi määritetään suorituskkyky monenlaisissa ympäristöissä, käytännössä missä tahansa ihmiset asuvat tai työskentelevät, sekä sähkömagneettisten häiriöiden vaikutukset. Kaikkien näiden toimintojen todentamiseen tarvitaan hyvin erikoistuneita toimintoja. Lisäksi laiterungon ja lisävarusteiden, kuten tuulisuojiin, akustiset vaikutukset on todennettava. Tämä antaa käyttäjälle tiedot korjaustermeistä, joita tarvitaan säännöllisten kalibrointien yhteydessä. Näin saadaan täydellinen käsitys siitä, miten laite toimii kentällä. Myös tämän toteuttaminen on valmistajan vastuulla, mutta tiedot olisi vahvistettava testaamalla ne riippumattomassa kansallisessa laboratoriossa.

**3. Määräaikaistarkastukset:** Noin kahden vuoden välein tehtävä tarkastus, jota joskus kutsutaan "kalibroinniksi". Se perustuu rajoitettuun joukkoon parametreja, jotka on suunniteltu osoittamaan laitteeseen mahdollisesti tulleita poikkeamia tai käytön aikana syntyneitä vaurioita. Nämä testit suoritetaan mahdollisimman lähellä vertailuolosuhteita, ja niissä käytetään tuote-erän arvioinnin aikana vahvistettuja korjaustietoja. Tämän suorittaminen on käyttäjän vastuulla ja ne teetetään yleensä akkreditoidun laboratorion toimesta päteviksi todennetuilla menetelmillä.

Mikäli osat 2 ja 3 on suoritettu onnistuneesti, kalibrointitodistuksesta tulee standardin vaatimustenmukaisuustodistus, jonka tuloksia voidaan puolustaa missä tahansa tuomioistuimessa tai tutkimuksessa. Jos osan 2 testejä ei ole suoritettu, kalibrointitodistukseen liitetään ilmoitus siitä, että mittari ei ehkä täytä kaikkia standardin vaatimuksia ja että tarkistusmittaus oli tilannekuva laitteen suorituskyvystä osan 3 testien aikana.

Äänitasomittarin hinta voi vaihdella muutamasta kymmenestä punnasta (*tai eurosta*) useisiin tuhansiin. Hinta voi vaihdella laitteen ominaisuuksien vuoksi tai siksi, että halvemmilla malleilla ei ole tehty monia kalliita testejä, joilla todennettaisiin mittarin kyvykyys mitata tarkasti melua.

Tässä artikkelissa kerrotaan projektista, jossa tarkasteltiin useita edullisia mittareita, joiden myyntiasiakirjoissa väitettiin niiden olevan IEC 61672 luokan 2 standardin mukaisia. Kuusi mittaria ostettiin viideltä eri valmistajalta ja toimitettiin UKAS-akkreditoituun määräaikaistestaukseen Campbell Associatesin ja Cirrus Researchin kalibrointilaitoksiin. Tavoitteena oli selvittää, miten ne suoriutuivat rajoitetusta testivalikoimasta vertailuolosuhteissa. Testaus noudatti IEC 61672-3-versiota, jonka vaatimukset jokainen mittari väitti täyttävänsä. Valittujen mittareiden hinta oli 75–375 puntaa (*vuoden 2021 kurssilla 65–325 €*). Tulokset olivat vaihtelevia, sillä useimmat valmistajat eivät antaneet riittäviä tietoja määräaikaistestien suorittamiseksi eikä mikään mittari läpäissyt kaikkia testejä.

## Ensivaikutelma

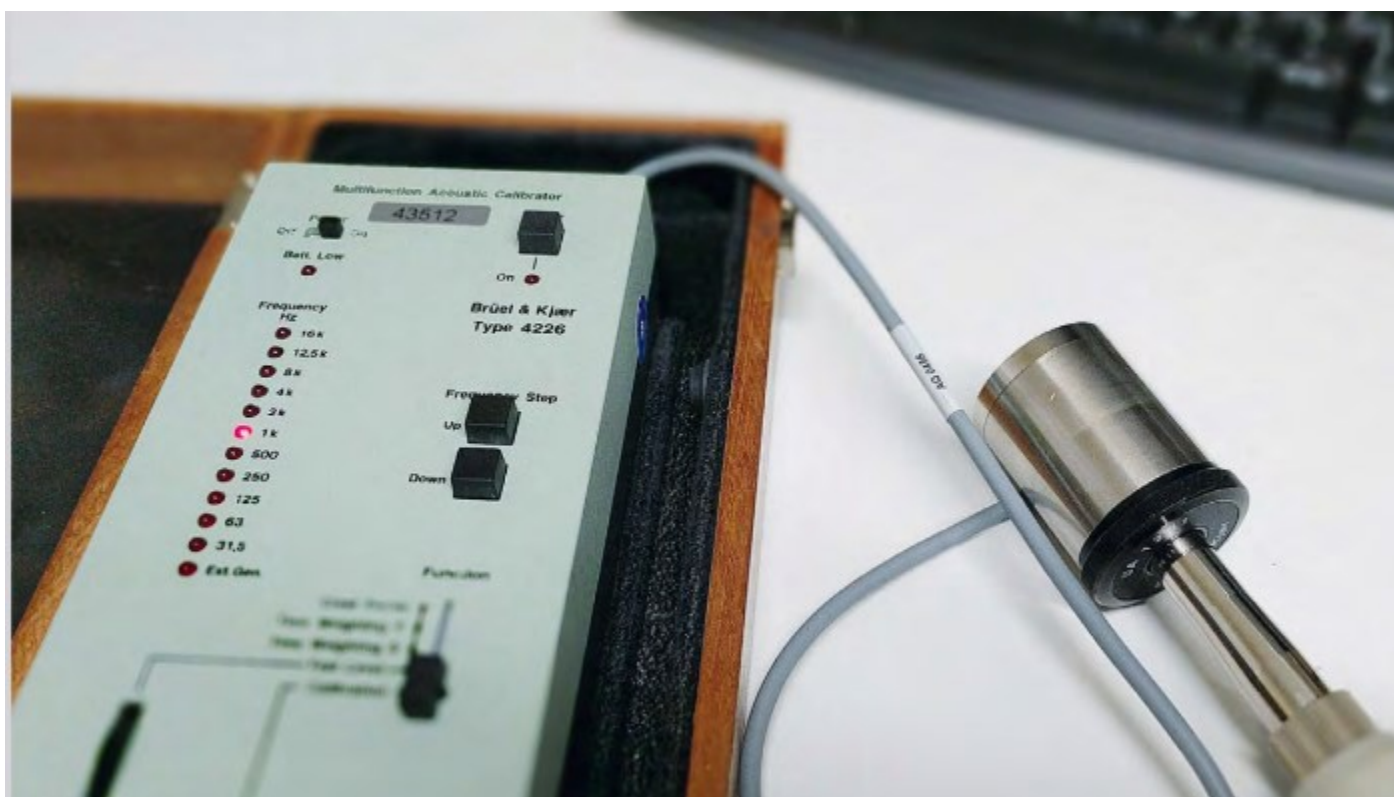
Ensivaikutelma kaikista valituista mittareista oli hyvä, sillä jokainen mittari oli hyvin pakattu ja rakennettu. Vain kahdella mittarilla kuudesta oli käyttöoppaissa tarvittavat tiedot määräaikaistestien suorittamiseksi. Neljältä muulta valmistajalta kysyttiin näitä puuttuvia tietoja, mutta yksikään ei pystynyt toimittamaan niitä. Tiedot korjauksista, testipisteistä ja viitetiedoista ovat standardien määrittämiä, joten jos niitä ei ole saatavilla, mittari ei ensisijaisesti ole standardin mukainen eikä testausta pitäisi edes suorittaa. Tätä artikkelia varten päätettiin kuitenkin, että kumpikin testilaboratorio tekisi omat arvionsa vaadituista tiedoista aiemman kokemuksen perusteella, jotta testausta voitaisiin jatkaa. Tätä tutkimusta varten kumpikin laboratorio suoritti testejä parhaan kykynsä mukaan. Toinen laboratorio suoritti sähkö- ja äänenpainetestejä ja toinen lisäksi

vapaakenttätestejä. Tämä johti suurempaan tulosten vaihteluun kahden kalibrointilaitteiston välillä kuin olisi odotettavissa, jos kaikki asiaankuuluvat tiedot olisivat olleet saatavilla.

## Testausmenetelmä

Monet määräaikaistesteistä perustuvat sähköiseen signaaliin, jota käytetään akustisen vasteen simuloimiseksi. Tämä tehdään yleensä irrottamalla mikrofoni ja asentamalla sovitin esivahvistimeen. Joissakin mittareissa oli kiinteät mikrofonit, ja koska testipistettä ei annettu, sähköiset signaalit syötettiin suoraan mittariin tarpeen mukaan. IEC 61672 edellyttää, että äänitasomittarissa on irrotettava mikrofoni, joten mittarit, joissa ei ole tätä ominaisuutta, eivät ole täysin standardin mukaisia.

Muita suoritettuja testejä olivat äänenpaineen testaus monitaajuisella akustisella kalibraattorilla, mikrofonin oman kohinan mittaus sekä vapaakenttätestaus kaiuttomassa huoneessa.



**Yllä:** Akustinen äänenpaineen testaus monitaajuukskalibraattorilla B&K 4226

## Testitulokset

Seuraavissa taulukoissa esitetään yhteenveto kunkin laitteen tuloksista kummassakin testauslaboratoriossa. Laitteet on merkitty A:sta F:ään.

## INSTITUTE AFFAIRS

### INSTRUMENTATION CORNER

| Testit: IEC61672-3 (2006) Edition1          | Laite A                    | Laite D                          | Laite E                          | Laite F                          |
|---------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Self-generated noise – clause 10.2**        | Hylätty (1)                | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hylätty (1)<br>Hyväksytty (2)    |
| Acoustic frequency weightings – clause 11   | Hyväksytty (1)             | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                   |
| Electrical frequency weightings – clause 12 | Hyväksytty (1)             | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) |
| Weighting at 1kHz – clause 13               | Hylätty (1)<br>Hylätty (2) | Hylätty (1)<br>Hyväksytty (2)    | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       |
| Linearity – clause 14                       | Hyväksytty (1)             | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       |
| Linearity (all ranges) – clause 15          | Hyväksytty (1)             | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) |
| Tone burst response – clause 16             | Hylätty (1)                | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       |
| Overload indication – clause 18*            | Hyväksytty (1)             | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hylätty (1)<br>Hylätty (2)       | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) |

| Testit: IEC 61672-3 (2013) Edition 2        | Laite B                          | Laite C                       |
|---------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Self-generated noise – clause 11**          | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                |
| Acoustic frequency weightings – clause 12   | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                |
| Electrical frequency weightings – clause 13 | Hyväksytty (1)<br>Hyväksytty (2) | Hyväksytty (1)<br>Hylätty (2) |
| Weighting at 1kHz – clause 14               | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                |
| Long-term stability – clause 15             | Hyväksytty (1)                   | Hyväksytty (1)                |
| Linearity – clause 16                       | Hylätty (1)                      | Hyväksytty (1)                |
| Tone burst response – clause 18             | Hylätty (1)                      | Hyväksytty (1)                |
| C-weighted peak – clause 19                 | Hylätty (1)                      | Hyväksytty (1)                |
| Overload indication – clause 20*            | Hylätty (1)                      | Hyväksytty (1)                |

#### TULKINTA-AVAIN:

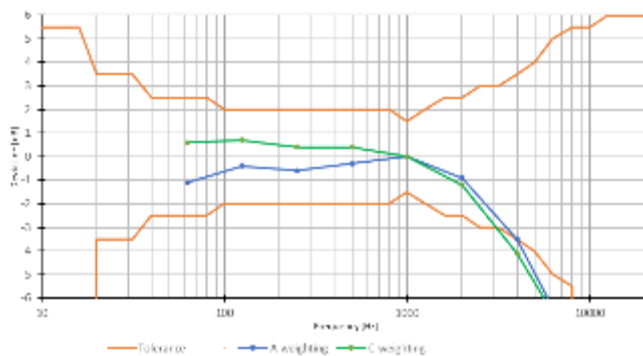
\*Ylikuormitus on valinnainen integroimattomissa laitteissa

\*\*Laitteen omakohinatesti on suuntaa antava, eikä se yksinään tarkoita, että mittari ei ole vaatimusten mukainen, mutta se voi vaikuttaa lineaarisuuteen

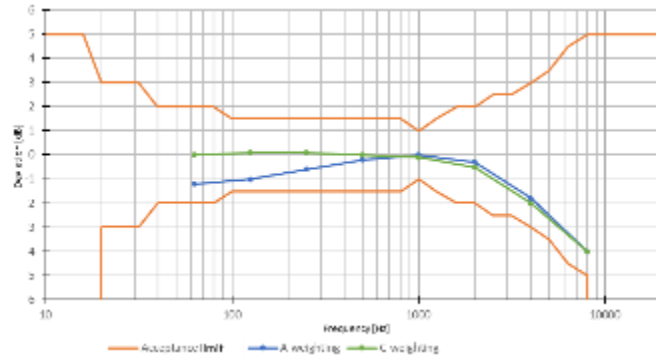
(1) Testauslaboratoriossa 1 suoritettut testit

(2) Testauslaboratoriossa 2 suoritettut testit

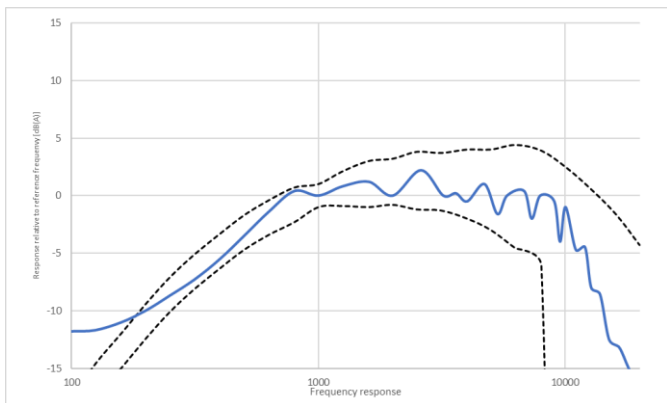
Tyypilliset taajuuspainotuksella mitatut tulokset on esitetty alla. Tyypillisiä laitteille kirjattuja vikoja olivat yli 2 kHz:n ja alle 200 Hz:n viat. Tulokset näytetään sähköisen signaalin ja vapaan kentän testauksessa. Sähköiseen testaukseen olisi pitänyt sisällyttää valmistajan korjaustiedot, jotka koskevat korjausta vapaakenttään, joita pääsääntöisesti ei toimitettu. Vapaakenttätestauksessa näitä korjaustietoja ei vaadita.



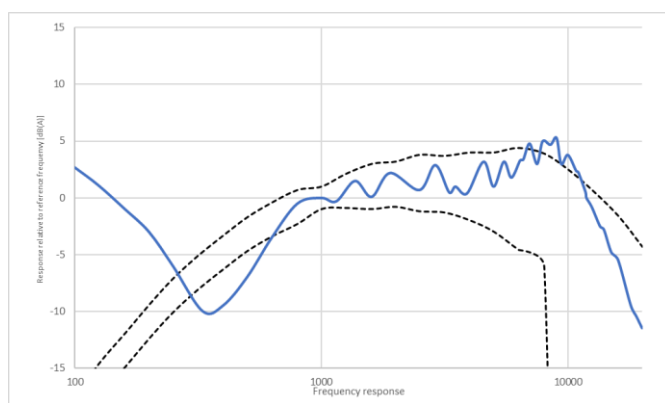
Sähköisesti testatut A ja C-painotetut taajuusvasteet laitteelle D – Hylätty (korjauksia ei saatavissa)



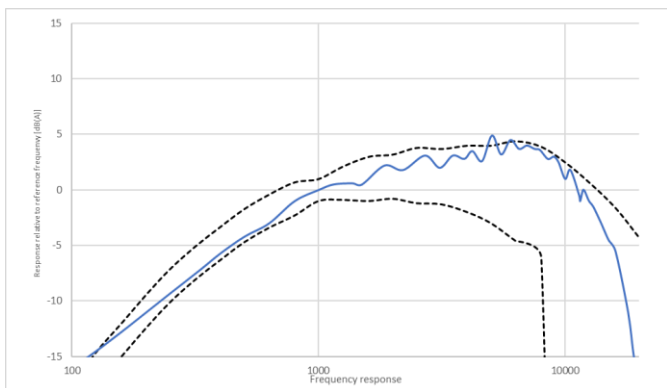
Sähköisesti testatut A ja C-painotetut taajuusvasteet laitteelle A – Hyväksytty (korjauksia ei saatavissa)



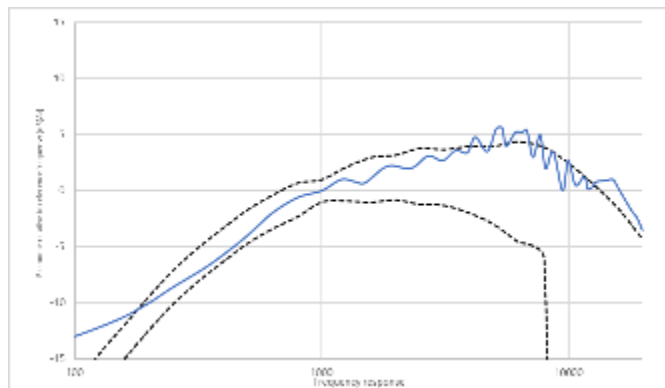
A-taajuuspainotus vapaakenttättestissä, laite D – Hylätty (korjauksia ei tarvita vapaakenttättestissä)



A-taajuuspainotus vapaakenttättestissä, laite A – Hylätty (korjauksia ei tarvita vapaakenttättestissä)



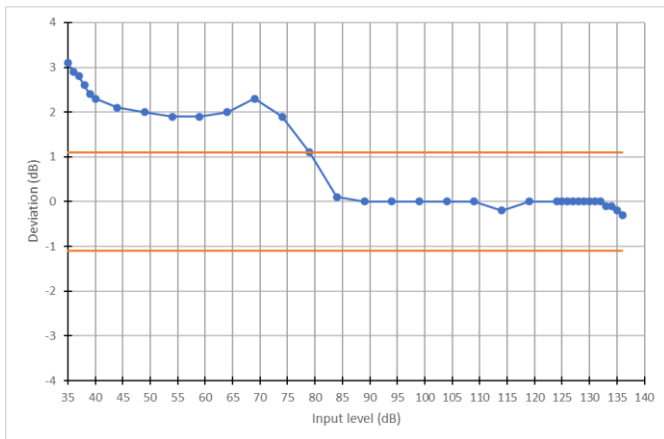
A-taajuuspainotus vapaakenttättestissä, laite E – Hylätty (korjauksia ei tarvita vapaakenttättestissä)



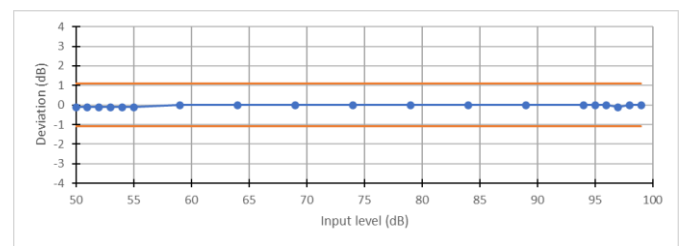
A-taajuuspainotus vapaakenttättestissä, laite F – Hylätty (korjauksia ei tarvita vapaakenttättestissä)

Kuudesta mittarista kaksi ei läpäissyt lineaarisuustestausta. Lineaarisuustestit suoritettiin määrättyllä viitetasoalueella mittareille, joilla on useita mitta-alueita. Yllä esitetyt tulokset koskevat viitealuetta, mikäli se on yksilöity mittarin ohjekirjassa. Tämän jälkeen suoritettiin testit muillakin mitta-alueilla, mutta ne rajoitettiin yhteen arvoon kullakin alueella. Tyypilliset lineaarisuushäiriöt alueen alapäässä johtuvat instrumentin pohjakohinasta, mutta instrumentissa A oli mielenkiintoinen askelmuutos alueen puolivälissä.

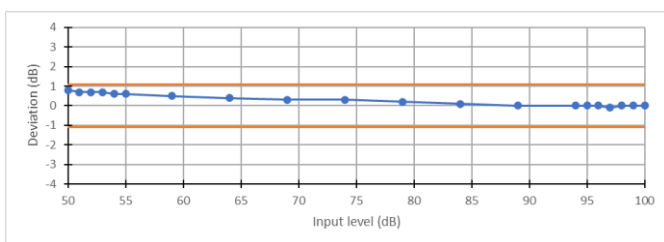
Useimmat yksilöt epäonnistuivat äänespursketesteissä, monissa tapauksissa merkittävästi. Esimerkiksi D-mittarin 2 ms:n purskeen olisi pitänyt näyttää 79 dB, mutta mitattaessa se oli 45,6 dB, jolloin virhe oli 33,4 dB. Useimmat IEC 61672:n mukaiset testit perustuvat vakaisiin sinimuotoisiin testisignaaleihin, kun taas äänipurske koostuu lyhyestä 4 kHz:n sinimuotoisen signaalin purskeesta. Tämä testi varmistaa, että laite mittaa monimutkaiset signaalit oikein nopeaa ja hidasta aikapainotusta käytettäessä. Tämän testin epäonnistuminen indikoi sitä, että mittari näyttää todellista alhaisempaa tulosta. Tämä johtuu tyypillisesti ylisuodatetusta esivahvistuksesta tai riittämättömästä näytteenotosta kohinapurskeiden havaitsemiseksi.



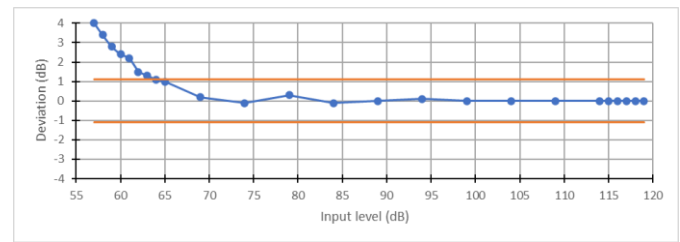
Sähköisen signaalin lineaarisuus – laite A – Hylätty



Sähköisen signaalin lineaarisuus – laite B – Hyväksytty



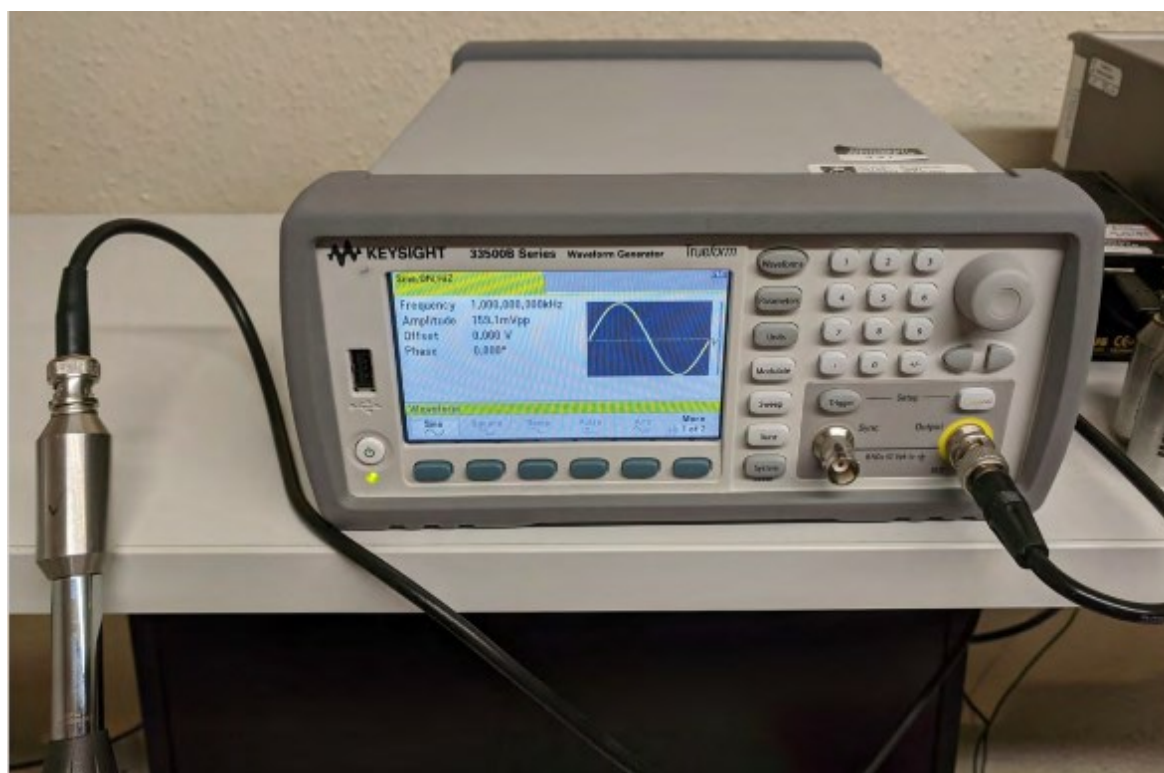
Sähköisen signaalin lineaarisuus – laite E – Hyväksytty



Sähköisen signaalin lineaarisuus – laite F – Hylätty

| Purskeen kesto | Mittari A |         |       | Mittari B |         |       | Mittari C |         |      | Toleranssi (rajat) |
|----------------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|------|--------------------|
|                | Odotus    | Mitattu | Ero   | Odotus    | Mitattu | Ero   | Odotus    | Mitattu | Ero  |                    |
| ms             | dB        | dB      | dB    | dB        | dB      | dB    | dB        | dB      | dB   | dB                 |
| 200            | 96,0      | 91,7    | -4,3  | 126,0     | 93,9    | -32,1 | 116,0     | 116,0   | 0,0  | +/-1,3             |
| 2              | 79,0      | 56,3    | -22,7 | 109,0     | 58,8    | -50,2 | 99,0      | 98,9    | -0,1 | +1,3/-2,8          |
| 0,25           | 50,0      | 45,4    | -24,6 | 100,0     | 47,9    | -52,1 | 90,0      | 89,8    | -0,2 | +1,8/-5,3          |

| Purskeen kesto | Mittari D |         |       | Mittari E |         |       | Mittari F |         |       | Toleranssi (rajat) |
|----------------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|--------------------|
|                | Odotus    | Mitattu | Ero   | Odotus    | Mitattu | Ero   | Odotus    | Mitattu | Ero   |                    |
| ms             | dB        | dB      | dB    | dB        | dB      | dB    | dB        | dB      | dB    | dB                 |
| 200            | 96,0      | 96,8    | 0,8   | 96,0      | 88,0    | -8,0  | 116,0     | 117,8   | 1,8   | +/-1,3             |
| 2              | 79,0      | 45,6    | -33,4 | 79,0      | 57,6    | -21,4 | 99,0      | 80,0    | -19,0 | +1,3/-2,8          |
| 0,25           | 50,0      | 38,7    | -31,3 | 50,0      | 41,1    | -28,9 | 90,0      | 73,8    | -16,2 | +1,8/-5,3          |



**Yllä:** Mittarin testaus sähköisellä signaalilla käyttäen esivahvistimeen liitettyä sovitinta

## Yhteenveto ja päätelmät

Vähintään yksi testi jäi kaikilta mittareilta läpäisemättä. Yksi mittareista oli lähellä kaikkien testien läpäisemistä, mutta muut epäonnistuivat useissa testeissä, mukaan lukien lineaarisuus, taajuuspainotus ja erityisesti äänepurske, joissa viisi kuudesta epäonnistui.

Jokaisen mittarin mainostettiin olevan IEC 61672 -standardin mukainen, mikä antaa ymmärtää, että sen tulisi täyttää tämän standardin tiukat vaatimukset ja läpäistä kaikki osassa 3 kuvatut testit. Mittarit ostettiin uusina ja testattiin välittömästi IEC 61672-3:n mukaisesti kahdessa testilaboratoriossa.

Kahden valmistajan mittareiden käyttöoppaissa ei ilmoitettu vaadittuja tietoja, jotta kalibrointitarkastus olisi voitu suorittaa oikein. Näihin valmistajiin otettiin yhteyttä tietojen saamiseksi, mutta kumpikaan ei pystynyt toimittamaan oikeita tietoja. Toinen näistä valmistajista myönsi virheen luokitusilmoituksessaan ja muutti markkinointitietojaan sekä poisti maininnat IEC 61672-vaatimuksista. Standardin mukaan testausta ei yleensä pitäisi suorittaa, mikäli näitä tietoja ei ole saatavissa. Tätä artikkelia varten testit kuitenkin tehtiin. Puuttuvien tietojen vuoksi osa suoritetuista testeistä ei ole tarkkoja lisäepävarmuustekijöiden vuoksi. Tämä myös osittain selittää yksittäisten mittareitten kalibroinneissa havaitut erot. On kuitenkin epätodennäköistä, että näiden tietojen puuttuminen olisi johtanut siihen, että hylätyistä testeistä olisi tullut hyväksytyjä.

Tulokset osoittavat, että edullinen mittari pystyy (kuten odottaa saattaa) antamaan melutason osoituksen. Mutta se osoittaa myös, että monet laitteet, joiden väitetään täyttävän IEC 61672-vaatimukset, eivät ole vaatimusten mukaisia. Jos laitetta tarvitaan tarkkoja melumittauksia varten, on suositeltavaa, että kaikki vaatimustenmukaisuusväitteet vahvistetaan ennen hankintaa. Tämä voidaan todeta pyytämällä todisteita tyyppihyväksynnästä, mikä tarkoittaa yleensä kansallisen metrologialaitoksen todistusta. Pelkästään äänitasomittarin omiin merkintöihin ei kannata luottaa.