

Beszéd és hallásdiagnosztika

(BMEVITMM203)

Mérési jegyzőkönyv

Mikrofonhitelesítés (összehasonlító módszer) és hangszórók frekvenciafüggésének mérése

Készítette:

Jánosa Dávid Péter

FDSA7Y

2013. szeptember 27.



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Tartalom

A mérés célja	2
A mérés helyszíne	2
A méréshez felhasznált eszközök	3
A mérés menete	4
Mikrofon hitelesítése.....	4
Mérés háttere	4
Eszközök ismertetése	4
A mérés lépései	5
Hangszóró linearizálás.....	5
Mérés háttere	5
Eszközök ismertetése	6
A mérés lépései	6
A mért értékek	7
Mikrofon hitelesítése.....	7
Hangszóró linearizálás.....	11
A mérés értékelése	13
Mikrofon hitelesítés	13
Hangszóró linearizálás.....	13

A mérés célja

A mérés célja, hogy megismerkedjünk a mikrofonok és hangszórók egyik legfontosabb méréstechnikai jellemzőjével, az átviteli karakterisztikával. A labor során megvizsgáljuk különböző hangtechnikai eszközök átvitelét, és kísérletet teszünk azok kalibrálására, az összehasonlító módszert felhasználva.

A mérés helyszíne

A mérést a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem TMIT Beszédakusztikai Laboratóriumában (LSA) végeztük, a Beszéd és Hallásdiagnosztika tantárgy keretében.

A méréshez felhasznált eszközök

- Cool edit hangfelvétel készítő és elemző program
- Tanszéki szoftveres mikrofon és hangszóró kalibráló program
- Terratec és Lexicon külső hangkártyák
- Mikrofon előerősítő
- 94 dB-es, 1kHz-es hitelesített kalibráló hangforrás (pisztofon)
- Hitelesített B&K mikrofonok
- B&K akusztikai fej és torzó fantom
- Különböző típusú fej- és fülhallgatók
- Tanszéki mikrofon és hangszóró kalibráló szoftverrendszer

Külön figyelmet érdemel a B&K mérőfantom, mely egy speciális, az emberi hallás standardizált méréséhez kifejlesztett eszköz. Szükségességét az veti fel, hogy az akusztikai hatásokat nagyon jelentős mértékben befolyásolja, hogy a hangtérben milyen objektumok vannak jelen. Az ember pusztán testével is megváltoztatja a hangteret, az emberi fül pedig egy olyan rendkívül összetett rezonátorrendszer, melynek sajátosságait muszáj a mérés összeállítása során figyelembe venni.

A B&K fantom egy olyan, mellszoborhoz hasonlító eszköz, mely imitálja a hangtérbe helyezett emberi testet, anatómiaiailag és akusztikusan is hűen kiképzett füle mélyén pedig hitelesített mérőmikrofonok vannak, így alkalmas az emberi hallás objektív, modell szintű mérésére.



1. ábra: B&K mérőfantom Forrás:

<http://www.bksv.com/~media/38BD1019B6C74F50B62B7C6C507FCCAC.ashx?mh=170&mw=580&bc=white>

A mérés menete

Mikrofon hitelesítése

Mérés háttere

A mikrofon hitelesítés lényege, hogy egy ismeretlen mikrofon átvitelét egy már ismert átvitelű, hitelesített eszközhöz viszonyítjuk, és ez alapján egy szoftveres, korrekciós görbét hozunk létre, mellyel a hitelesítendő mikrofon jelét korrigálva a hitelesített, referencia mikrofon átvitelével azonos karakterisztikát kapunk. Ehhez szükség van egy referencia hangforrásra, mely a teljes, hitelesítési spektrumon képes a méréshez elegendően nagy intenzitású hang kiadására. Ennek a forrásnak a hangterébe helyezzük először a hitelesített, referencia mikrofont, majd a kalibrálandó eszközt. Fontos, hogy a hangforrás nem kell, hogy lineáris legyen, egyetlen szempont vele szemben, hogy karakterisztikája a mérés ideje alatt állandó legyen. Mivel a mérést jelentősen befolyásolja a mikrofon hangtérbe helyezése, igyekszünk mindkét eszközt ugyanúgy, a referencia hangforrás külső borításának közepéhez, attól egy centiméterre tartani. Azonban mivel a mérést nem süketszobában hajtjuk végre, nem végzünk free field korrekciókat, valamint a mikrofonok standardizált elhelyezéséhez sincs megfelelő eszközünk, a kalibrációtól csupán jellegre helyes végeredményt várunk.

Eszközők ismertetése

A hitelesített mikrofonunk egy B&K kondenzátormikrofon, melynek működéséhez előerősítőre van szükség. Az erősítő kimenetét egy külső, Lexikon hangkártyába dugjuk. Használat előtt a mikrofon hitelességét egy 94 dB-es, 1000Hz-es pisztofonnal ellenőrizzük.

A hitelesítendő mikrofonunk, melynek átvitelét szoftveresen a B&K mikrofonhoz kívánjuk igazítani, egy elektret mikrofon, melynek saját tápellátása van, így nincs szüksége előerősítőre, kimenete közvetlenül a Lexikon hangkártyába dugható.

Szintén a Lexikon hangkártya hajtja meg a hitelesítéshez használt hangszórót. A Lexikon hangkártya egy tanszéki géphez van kötve, melyen a hitelesítő szoftver fut.

A tanszéki hitelesítő szoftver képes egy olyan multiszinusz jel generálására, mely 100 Hz és 22000 Hz között 100 Hz-enként minden komponenst azonos amplitúdóval tartalmaz. Ezt a hangjelet adhatjuk ki a külső hangkártya segítségével a hangszórón. A mérendő mikrofonokat minden esetben a hangszóró membránjának burkolatához képest középre, attól egy centiméterre helyezzük el.

A mérőhangot olyan hangerővel generáljuk, hogy az a magas frekvenciákon is értékelhető jelet adjon, azonban a jel ne torzuljon (ami a frekvenciakép szőrösödésén látszik).

A mérés lépései

A tényleges mérés lépései a következők:

- A mérendő mikrofont (B&K mikrofon esetén előerősítőn keresztül) a külső hangkártya bemenetére kötjük, majd Cool Edittel ellenőrizzük, hogy a mikrofon működik-e, úgy hogy saját beszédünket felesszük és visszajátsszuk.
- A hangszórót a külső hangkártya kimenetére kötjük, a helyes működést zenelejátszással ellenőrizzük.
- A hitelesítő programban legeneráljuk a 100 Hz és 22000 Hz tartományt felölelő, 22 komponensű multiszinusz jelet és kiadjuk a hangszóróra.
- Rögzítjük a referencia mikrofon átvitelét (mely kalibrált mikrofon esetében sem lesz lineáris, ugyanis a hangszórónk átvitele sem az. De ez nem is jelent gondot, ahogy azt korábban már említettem.)
- Rögzítjük a kalibrálandó mikrofon átvitelét.
- Elvégezzük a kalibrációt.
- Ellenőrizzük a kalibrációt.

Hangszóró linearizálás

Mérés háttere

A hangszóró linearizálás során egy hitelesített, már korábban linearizált mikrofon segítségével a teljes vizsgálati tartományon megmérjük a vizsgált hangszóró átvitelét,

majd ezt szoftveresen úgy korrigáljuk a hangforrásunkat, hogy a frekvencia menete a vizsgált tartományban lineáris legyen. A mérés összehasonlító jellegű, így tökéletes eredményt csak akkor kaphatunk, ha a mérőmikrofonunk valóban lineáris volt. Ennek hiányában a mérés csak arra alkalmas, hogy minden kalibrálandó hangforrásuk ugyanolyan átvittel rendelkezzen, ám sok alkalmazásban ez is elég lehet. (Olyan ez, mint amikor a zenekar hangszereit a zongorához hangolják: csak akkor lesz pontos az eredmény, ha a zongora „A” hangja jól volt behangolva, azonban ha ez nem teljesül, az előadás még élvezhető marad, mivel a hangszerek egymáshoz képesti összhangját az összehasonlító kalibráció nélkül is biztosítja.)

Mi a méréseink során fej- és fülhallgatókat kívánunk linearizálni, azonban ezek átvitelét a gyakorlati használat során döntően befolyásolja a fül, mint rezonátor. Ezért a méréseket B&K mérőfantomon végezzük.

Eszközök ismertetése

A hitelesített mérőmikrofonunk egy B&K kondenzátormikrofon, mely a mérőfantom fülében helyezkedik el. A mikrofont egy előerősítőn keresztül TERAATEC külső hangkártya bemenetére kötjük.

A mérendő fej- és fülhallgatókat TERRATEC hangkártya adatait feldolgozó számítógép saját, beépített hangkártyájáról hajtjuk meg. A méréshez olyan mutiszinusz jelet használunk, mely 100 Hz és 22000 Hz között 100 Hz-enként minden komponenst azonos amplitúdóval tartalmaz. Ezt a jelet a tanszéki kalibráló program állítja elő.

A mikrofon erősítését a TERRATEC hangkártyán úgy állítjuk be, hogy az még épp ne torzuljon. a torzulást egy LED kigyulladás jelezni.

A mérés lépései

A tényleges mérés lépései a következők:

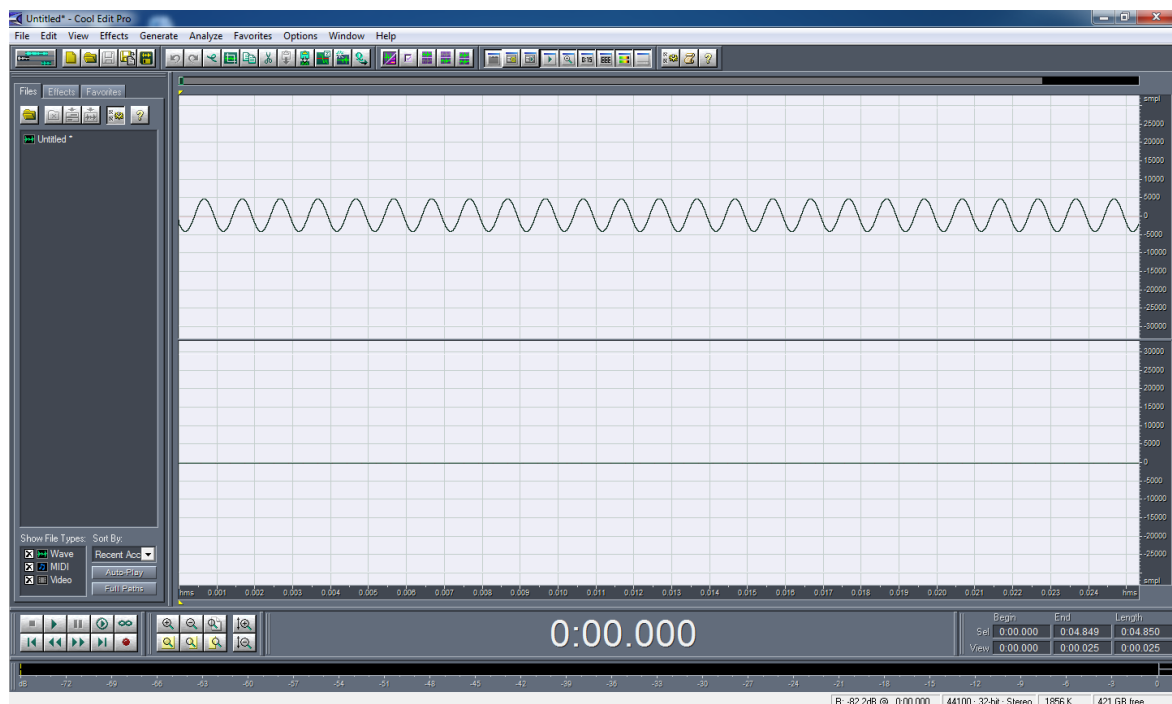
- A kalibrált B&K mérőmikrofont előerősítőn keresztül a külső hangkártya bemenetére kötjük, majd Cool Edittel ellenőrizzük, hogy a mikrofon működik-e, úgy hogy saját beszédünket felesszük és visszajátsszuk.

- A mérendő fej- vagy fülhallgatót a számítógép saját hangkártyájának kimenetére kötjük, a helyes működést zenelejátszással ellenőrizzük.
- A linearizáló programban legeneráljuk a 100 Hz és 22000 Hz tartományt felölelő, 22 komponensű multiszinusz jelet és kiadjuk a fentem fejére helyezett fej- vagy fülhallgatóra.
- Rögzítjük a mért fej- vagy fülhallgató átvitelét.
- Elvégezzük a kalibrációt.
- Ellenőrizzük a kalibrációt.

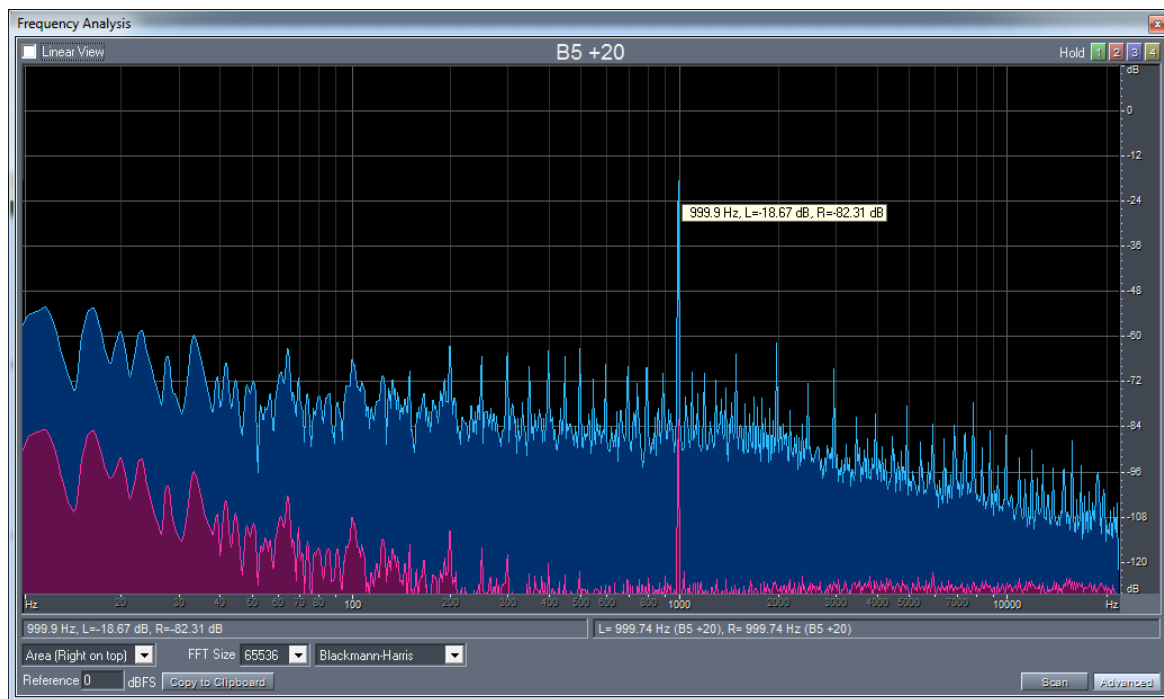
A mért értékek

Mikrofon hitelesítése

A mikrofon működésének ellenőrzése közben megvizsgáltuk a hitelesítő pisztolon képét is. Ennek időgörbéjét és spektrumát látjuk az alábbi ábrákon. A spektrumban látható, hogy a mérés jelentős háttérzajjal terhelt.

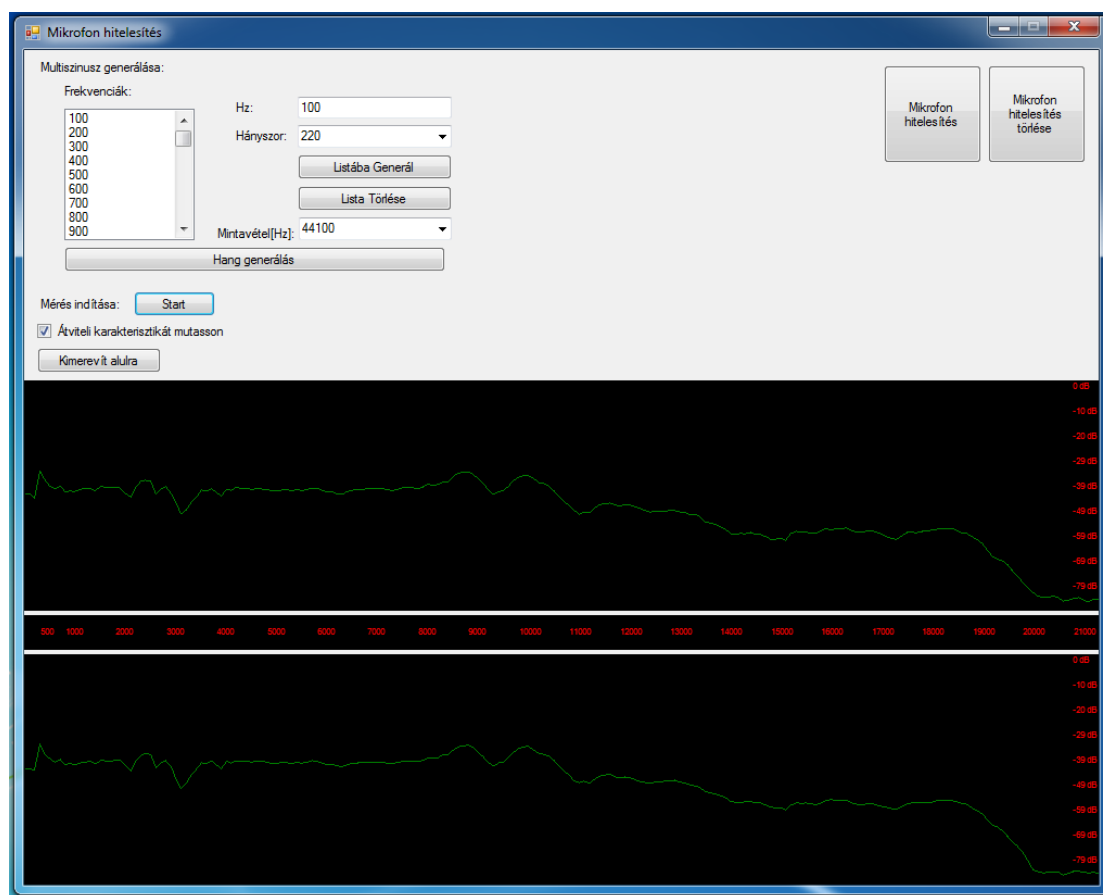


2. ábra: pisztolon hangjának időképe



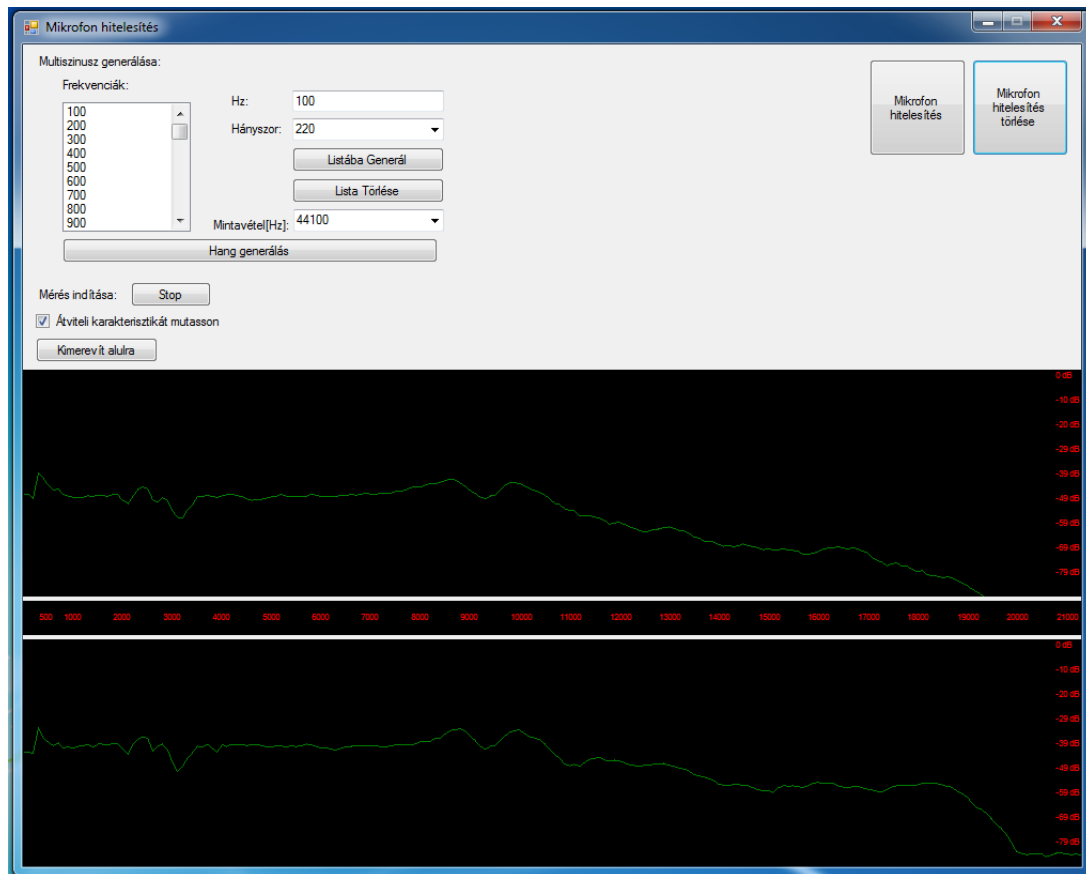
3. ábra: pisztolon hangjának spektruma

Ezután legeneráltuk a hitelesítő multiszinusz jelet, és felvettük azt a B&K mikrofonnal. Ennek során igyekeztünk minnél nagyobb csendet biztosítani a laborban.



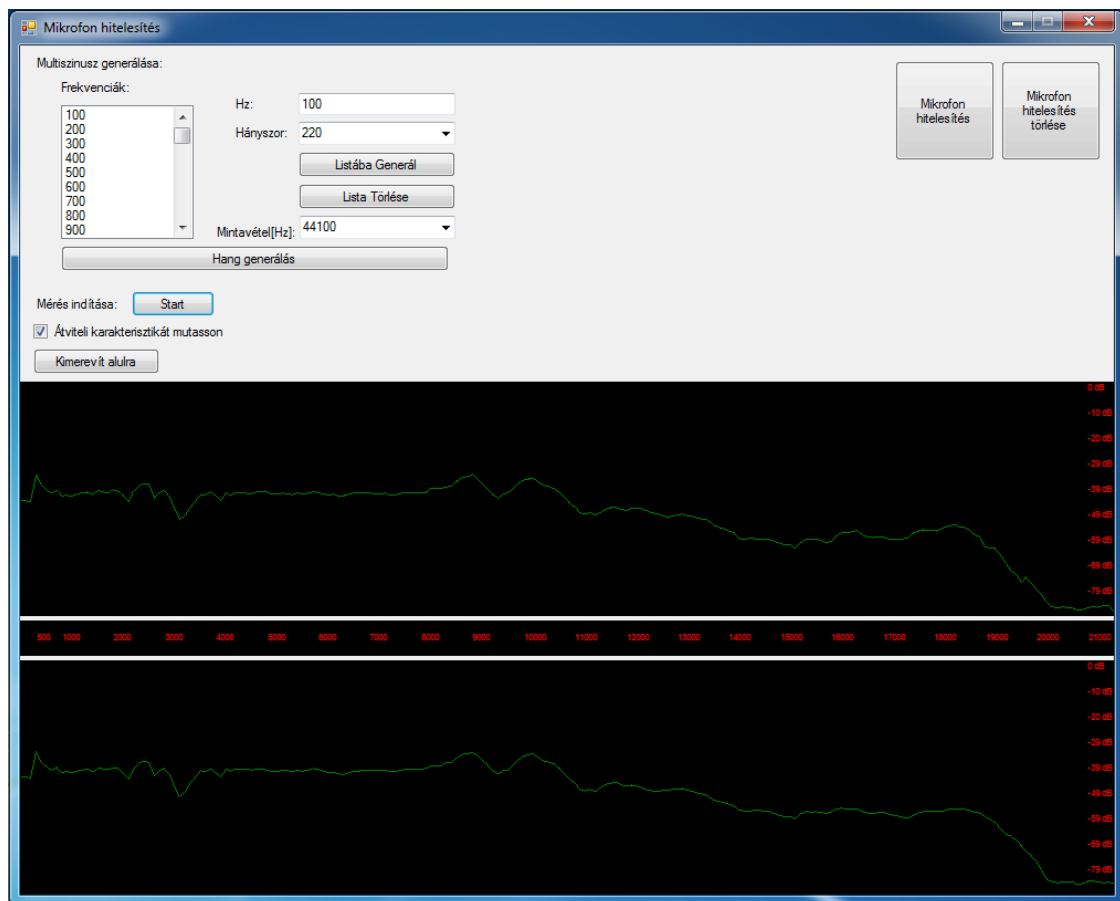
4. ábra: a hitelesítő hang spektruma B&K mikrofonnal mérve

A B&K mikrofon által felvett spektrumot letároltuk (alul), majd összevetettük az elektret mikrofon által felvett hitelesítő hang spektrummal (felül):



5. ábra: multiszinusz jel spektruma B&K mikrofonnal (alul) és elektret mikrofonnal (felül), kalibráció előtt

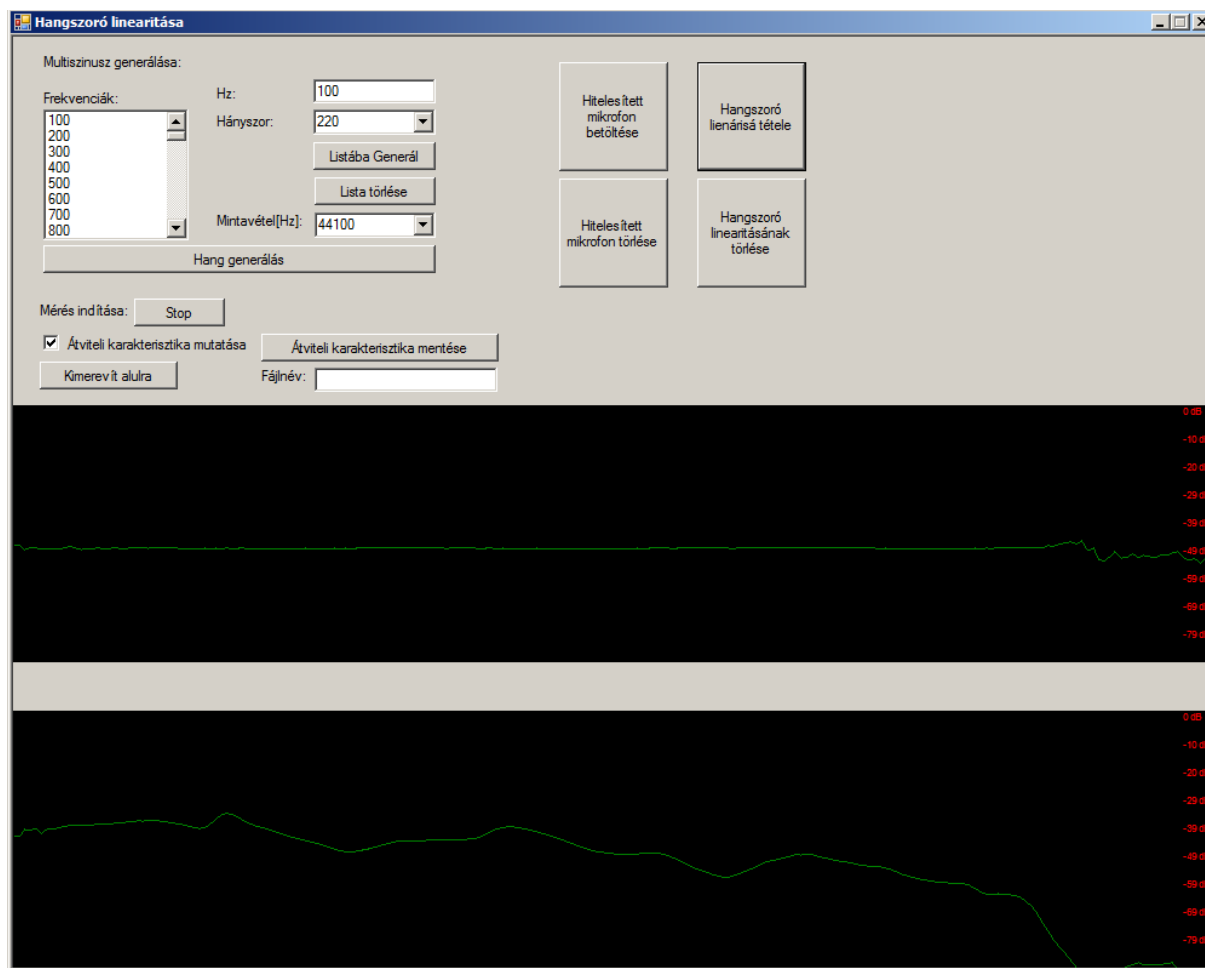
A tárolt és mért adatok alapján a program elvégezte a hitelesítést. Ennek ellenőrzésére ismét összevetettük az elektret mikrofon átvitelét (felül) a B&K mikrofonnal (alul):



6. ábra: multiszinusz jel spektruma B&K mikrofonnal (alul) és elektret mikrofonnal (felül), kalibráció után

Hangszóró linearizálás

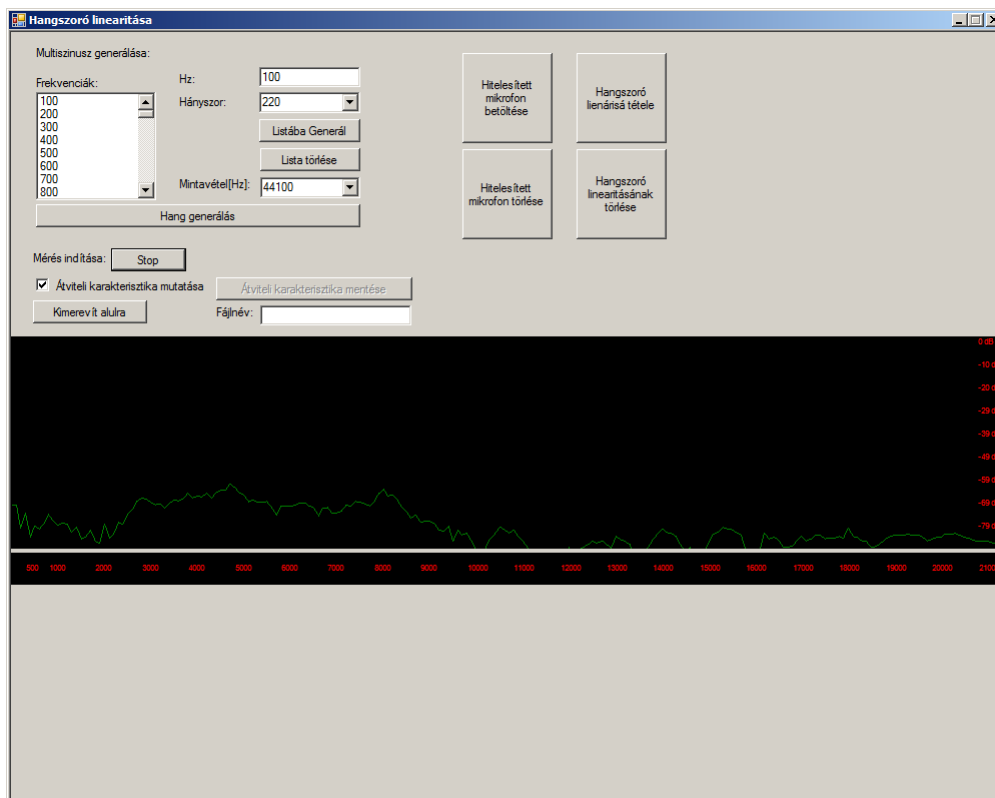
A fantom fejére feltett AKG-77 fülhallgatót a tanszéki kalibráló program segítségével multiszínusz jellel hajtottuk meg. A fejhallgató által kiadott jel spektrumát hitelesített B&K mikrofonnal mértük. A spektrumot letároltuk és segítségével léterhoztuk a linearizáló profilt, melyet a fülhallgatót meghajtó jelre alkalmazva a hangforrásunk valóban közelítően lineáris lett.



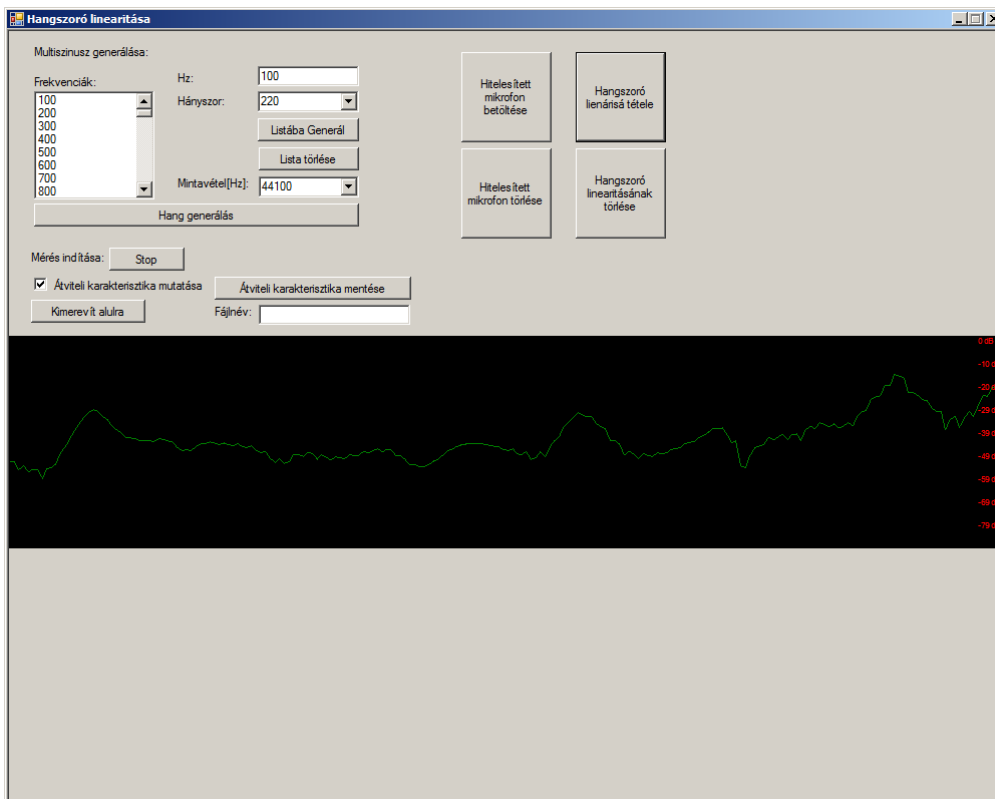
7. ábra: AKG-77 mikrofon által kiadott multiszínusz jel spektruma a linearizálás előtt (lent) és a linearizálás után (fent)

A további mérések során pusztán a fej- vagy fülhallgató átvitelét vettük fel, hogy nagyjából összehasonlíthassuk az AKG átvitelével. Linearizálást nem végeztünk, mert a gyakorlathoz ezután pluszt már nem adott volna, ellenben a mérés feltételeinek megteremtése (teljes csend a mérőhelységben és a szomszédos irodákban) nehézségbe ütközött.

További mért eredmények:



8. ábra: saját hangkártyás, USB fülhallgató által kiadott multiszínusz jel



9. ábra: jobb minőségű, "agyba dugós" fülhallgató által kiadott multiszínusz jel

A mérés értékelése

Mikrofon hitelesítés

A mérés alapján kijelenthetem, hogy a mikrofon hitelesítés összehasonlító módszer segítségével egyszerűen, olcsón és gyorsan elvégezhető. Abszolút sikeréhez ugyan szükség van egy már korábban hitelesített mikrofonra, azonban sok alkalmazáshoz már az is elegendő, hogy a mikrofonjaink egymással legyenek összhangban. Erre a módszer remekül használható. Azonban nagyon fontos, hogy a mérés során a háttérzajok minimálisak legyenek, mert ez még a mikrofonok egymáshoz képesti összehangolását is elronthatja.

Hangszóró linearizálás

Hasonló módon működik a hangszóró linearizálás, azonban ennek sarkalatos pontja a megfelelő mérőmikrofon használata. Ennek hiányában is alkalmas lehet a módszer hangszórók összehangolásához, ami hasznos lehet pl. hangosítás építésekor, de linearizálásról ebben az esetben nem beszélhetünk. A mérés során azt tapasztaltuk, hogy főleg alacsony frekvenciákon a linearizálás kifejezetten érzékeny a háttérzajokra, még egy sóhajtás hangja is befolyásolhatja.

Ezen kívül megjegyzendő, hogy bár szabadtéri sugárzók linearizálása elfogadható szinten elvégezhető egy amatőr zenekari környezetben vagy akár otthon is, a fejhallgatók linearizálása a fül komplex rezonátorfunkciója miatt fantom nélkül nem lehetséges. A fantomok pedig látszólagos egyszerűségük ellenére nagyon komplex és drága eszközök.

A fejhallgatók linearizálásának fontosságát azonban árnyalja az, hogy az otthoni zenehallgatásra használt eszközök karakterisztikáját egyébként is szeretjük saját ízlésünknek megfelelően, utólag álltani az equalizer használatával. Ennek keretén belül pedig a fejhallgató karakterisztikájának hibáit is ízlésünknek megfelelően tüntethetjük el, így egy nagyjából lineáris alapátvitel már elegendő. Igaz, hogy a kézi után állítás során valójában ugyanazt a módszert alkalmazzuk saját fülünket használva, mint amivel a linearizáló program is működik, azaz lehetünk mi is a saját mérőfantomunk.