

Hivatkozás magyarul:

WERSÉNYI GY., *Akusztikai átalakítók átviteli jellemzőinek mérése süketszobában.* Akusztikai Szemle, V.évf., 1.szám, 2004, Budapest. /17-19/.

Hivatkozás angolul:

WERSÉNYI, GY., *Measurement of electroacoustical transducers in anechoic environment.*, Acoustical Review, Vol. V., No.1., 2004, Budapest. /17-19/.

# Akusztikai átalakítók átviteli jellemzőinek mérése süketszobában

Measurement of electroacoustical transducers in anechoic environment

Wersényi György, 'Békésy György' Akusztikai Kutatólaboratórium

## Bevezetés

A Békésy György Akusztikai Kutatólaboratórium évek óta foglalkozik elméleti kutatással és az akusztikus eszközök gyakorlati mérésével. Elsőként egy műfejes mérőrendszer került kiépítésre, mellyel a fül szabadtéri irányfüggő torzításait, szűrőtulajdonságait és az emberi térhallás jellemzőit vizsgáltuk. Ez a mérőrendszer egy mérőprogramból, a süketszobában elhelyezett számítógép vezérelt forgóasztalból és egy állítható magasságú mérőhangszóróból áll. Segítségével nem csupán a műfej átviteli jellemzőit, hanem mikrofonok, zajszintmérők ill. általánosságban bármilyen mikrofonnal ellátott akusztikus eszköz irányjelleggörbáját megmérhetjük. Egy irányfüggetlen mikrofonnal a rendszer alkalmas hangszórók, hangoszlopok, hangdobozok, fejhallgatók átviteli tulajdonságainak mérésére is. A tavalyi évben beszerzett új műszerek közül a legfontosabb az itt röviden bemutatásra kerülő Brüel & Kjaer PULSE 6.1 rendszer, mely teljes körű akusztikai –és rezgésméréseket tesz lehetővé.

## Abstract

At the „G. Békésy” Acoustical Research Laboratory electroacoustical transducers have been investigated for many years. This means both theoretical research as well as practical engineering and measurement of frequency responses, polar diagrams, directional characteristics of microphone systems and loudspeakers. First, a dummy-head system was set up for measuring the Head-Related Transfer Functions and investigating some aspects of the human spatial and directional hearing. It includes the software, a computer controlled turntable in the anechoic room and an adjustable loudspeaker mounted on a racket. Using this setup all kind of microphones, Sound Level Meters and every special construction including microphones could be measured. Replacing the loudspeaker or using headphones makes it possible to measure their properties with unidirectional microphone or with the dummy-head. Last year new instruments were installed and integrated into the system: the Brüel & Kjaer PULSE 6.1 measurement front-end and software applications.

## 1. A PULSE rendszer

A PULSE a Brüel & Kjaer cég legújabb fejlesztésű moduláris mérőrendszere akusztikai -és rezgésmérések céljára. Létezik labormunkához szánt „álló” és külső mérésekhez használt „mobil” rendszer is. A PULSE egyben tartalmazza a hardver részeket és a számítógépen futó szoftvert. A laboratóriumi berendezés általában nagyteljesítményű PC-ből és sokcsatornás mérő eszközökből áll. A mobil eljárás olcsóbb, de csak korlátozottabb számú ki/bemenetekkel dolgozhatunk és általában noteszgépek, laptopok járnak hozzá.

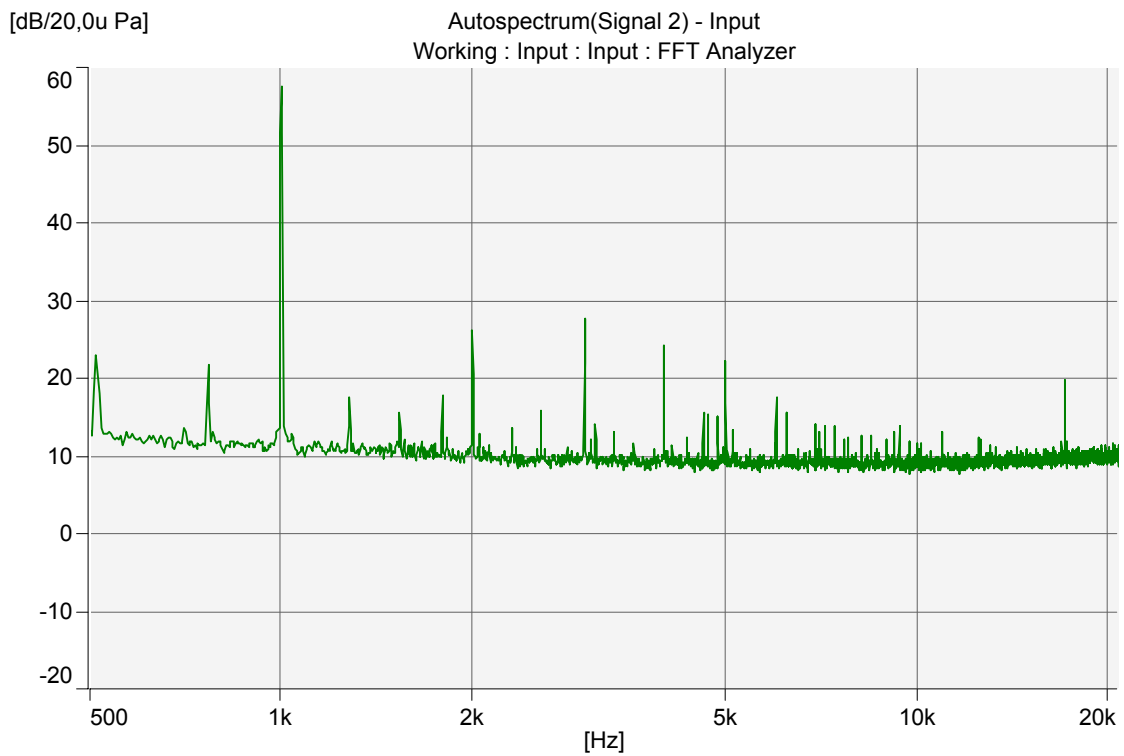
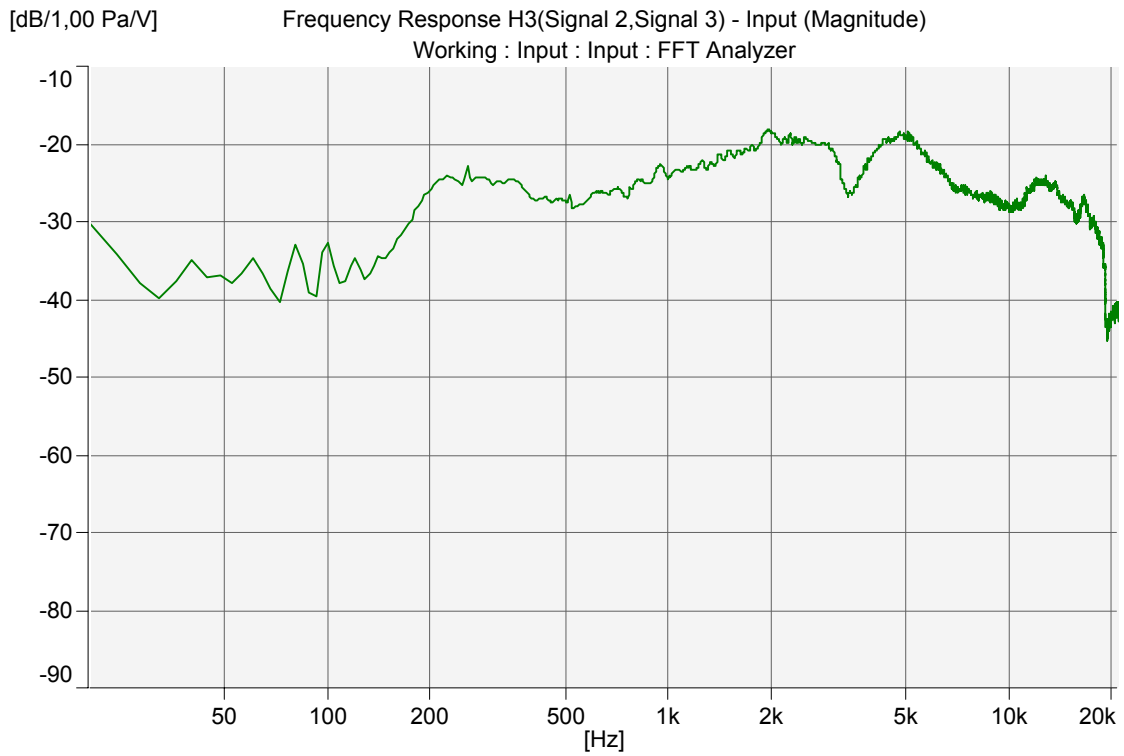
A Békésy György Akusztikai Kutatólaboratóriumban kétsatornás kimenettel és négycsatornás bemenettel rendelkező mobil mérőkeret (ún. front-end) található. A programban a kimenetekre tetszőleges generátor „definiálható”, így lehetőség van BNC csatlakozón át közvetlenül hangszórót, fejhallgatót igény szerinti akusztikus mérőjelekkel ellátni (szinuszos, zaj, véletlen zaj, sweep stb.). A bemenetek mindegyike rendelkezik BNC ill. előerősített LEMO mikrofon aljzatokkal, elsősorban BK és Falcon mikrofonok számára.

A mérőrendszer másik fontos része a feldolgozó egység, a PULSE szoftver (jelenleg a 6.1 verziót használjuk). A mérőkeret és a számítógép UTP LAN kapcsolatban állnak egymással. A teljes mérési feladatot a mérőkeret látja el, a számítógépet csak az adatok elemzésére és feldolgozására használjuk. A licenz jelenleg kétsatornás méréseket tesz lehetővé.

A mérőprogram kezeli a kommunikációt a számítógép és a mérőkeret között. Lehetőség van az adatok széles körű megjelenítésére, exportálásra Word ill. Excel formátumba, ábrák manipulálható vektorgrafikus mentésére, jegyzőkönyv nyomtatására, a mérendő és mérőeszközök kalibrálására, adatbázisba elmentésére, előhívásra. Minden folyamathoz sablonokat (template) használunk, így elégséges egyszer „összebarkácsolni” a beállításokat, azt elmentve a munkát bármikor folytathatjuk.

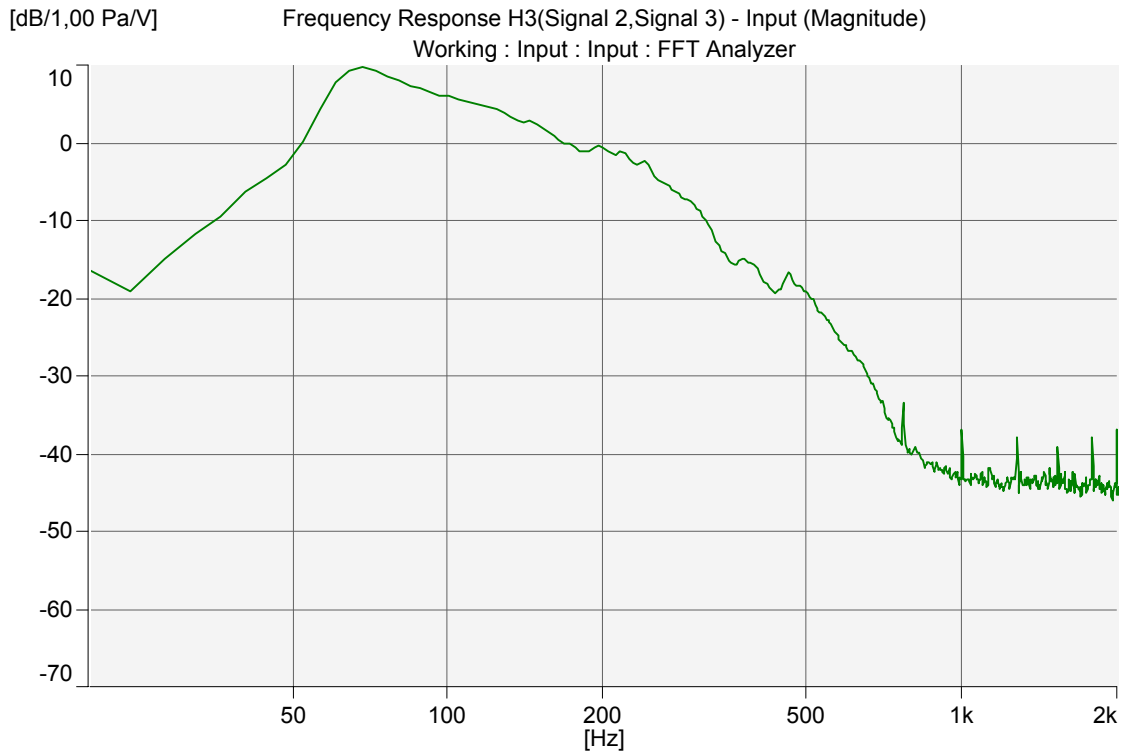
## 2. Átviteli függvények mérése

Az 1. ábra egy számítógéphez vásárolható hangszórókészlet átviteli tulajdonságait mutatja. Az ábrázolt diagram az átviteli függvény abszolút értékének ingadozása, illetve a torzítási komponensek 1 kHz-es szinuszos gerjesztés esetén. Az adatok tájékoztató jellegűek, de hasonló méréseket nem csupán hangszórókkal, hanem fejhallgatókkal is végezhetünk. Utóbbi a BK 4128 műfejen mérjük [1-2]. Hangszóró méréshez különböző méretű és magasságú állványok állnak rendelkezésre, sőt, speciális konstrukciókat is megmérhetünk, mint pl. gömb alakú hangszóró, hangszóró állványok akusztikus hatása, Dolby dekóderrel egybeépített megoldások és egyéb doboztervezési, dobozépítési munkafolyamatok ellenőrzését is végezhetjük. A 2. ábra a hangszórókészlet mélysugárzójának (sub-woofer) az átvitelét mutatja a PULSE által szokásos megjelenítési formában.



1. ábra. Kis méretű „szatellit” hangszugárzó átviteli görbéi:  
(a) átviteli függvény főtengeleynben (b) torzítási komponensek 1 kHz gerjesztés esetén

Fig. 1. Properties of a satellite loudspeaker for PC usage:  
(a) transfer function and (b) harmonic distortion by 1000 Hz sinus input.



2. ábra. Nagy méretű („sub-woofer”) mélyfrekvenciás hangsugárzó átviteli függvénye.

Fig. 2. Transfer function of the sub-woofer of the same loudspeaker set.

### 3. Irányjelleggörbe mérések

A mikrofonok átviteli függvénye megegyezik az érzékenység frekvenciamenetével (mV/Pa). E mennyiség térbeli változása pedig az iránykarakterisztikát adja meg (gömb, nyolcas, kardioid stb.) a főtengelyben mért értékhez viszonyítva dB-ben. Hangszórók esetén is az átviteli függvény abszolút értékének ingadozását ábrázoljuk. Ez lehet vízesés, színekkel ábrázolt térkép-jellegű kép vagy a leggyakrabban használatos polárdiagram (kördiagram).

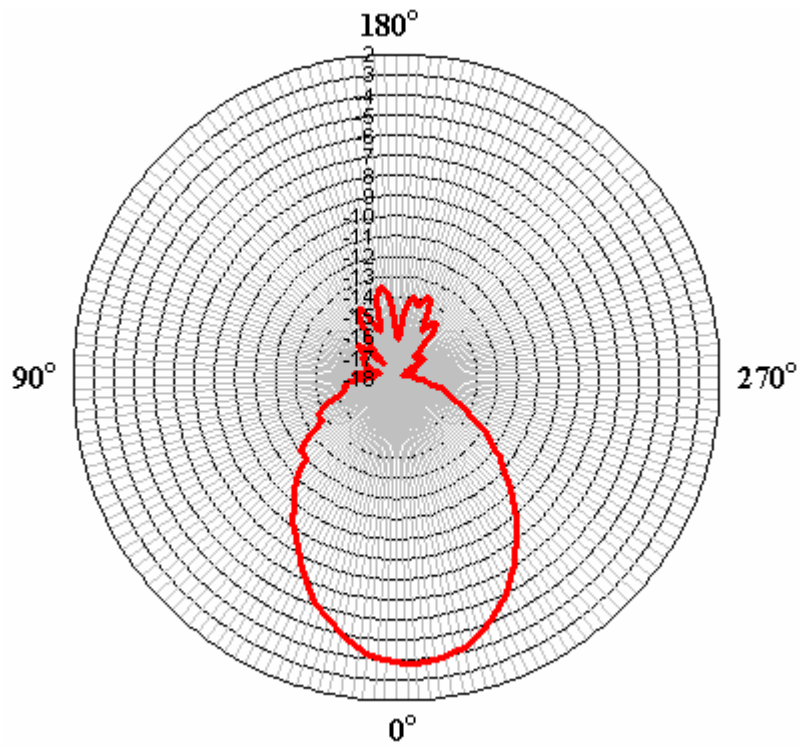
A PULSE rendszer tervezői érthetetlen módon nem gondoltak az ilyen jellegű mérésekre, így a rendszer nem képes a forgóasztal vezérlésére és azzal összehangolt mérésekre. Ezért irányjelleggörbét az általunk kiépített mérőrendszerrel mérünk [3-5].

Mérésünk során a süketszobában elhelyezett forgóasztalon rögzített eszközt forgatjuk körbe és mérjük meg minden 1 fokos elfordulás után az átviteli függvényt fehérzaj gerjesztéssel. A teljes kör megtétele után 360 darab komplex átviteli függvény áll rendelkezésünkre 50 kHz mintavételi frekvencia és 4096 pontos FFT felhasználásával. Az iránykarakterisztika ebből a mátrixos formában tárolt adathalmazból Excel programban kinyerhető, feldolgozható, ábrázolható. A méréseket jelenleg az IEC 268-5 és az MSZ-1668-7 alapján végezzük, ahol a szabványos tercsávokban vizsgáljuk az átvitel ingadozását a sávba eső komponensek teljesítmény átlaga alapján (3. ábra). A mérőprogram átalakításával lehetőség van oktávsváros ill. tetszőleges frekvencián is megadni az irányjelleggörbét.

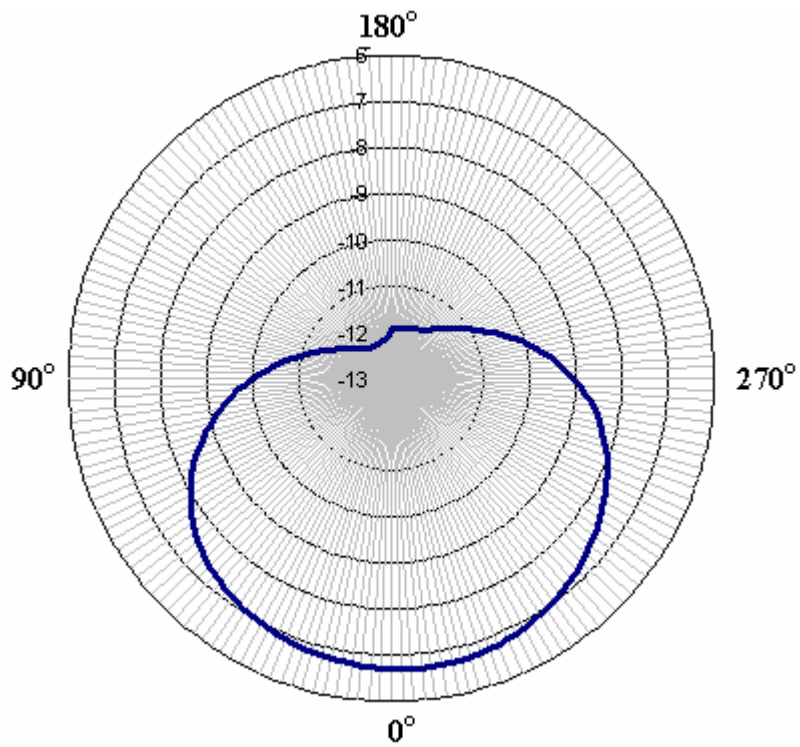
Frekvenciatartomány (Hz)
8000 – 10000
6300 – 8000
5000 – 6300
4000 – 5000
3150 – 4000
2500 – 3150
2000 – 2500
1600 – 2000
1250 – 1600
1000 – 1250

1. Táblázat. A Magyar Szabvány és az IEC szerinti tercsávfelosztás átviteli függvény ill. irányjelleggörbe mérésekhez és osztály-besoroláshoz az 1-10 kHz tartományban.

Table 1. Standardized 1/3 octave subbands for acoustical measurements between 1000 – 10000 Hz (IEC 268-5). Components in each subband are averaged on power spectra.



(a)



(b)

3. ábra. Egy zajszintmérő iránygörbéje az  
 (a) 10000-12500 Hz és a (b) 315-400 Hz sávban (osztás: 1 dB/div)

Fig. 3. Polar diagrams of a Sound Level Meter in the  
 (a) 10000 – 12000 Hz and (b) 315 - 400 Hz subband (1 dB/div).

#### 4. Irodalom

- [1] J. V. HUNDEBOLL, K. A. LARSEN, H. MOLLER, D. HAMMERSHOI: Transfer characteristics of headphones. *Proc. of 6<sup>th</sup> Int. FASE Conference*, Zürich, 1992. /161-164/.
- [2] H. MOLLER, D. HAMMERSHOI, C. B. JENSEN, M. F. SORENSEN: Transfer Characteristics of Headphones Measured on Human Ears. *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 43(4), 1995. /203-216/.
- [3] BERÉNYI, P., WERSÉNYI GY., A külső fül fejre vonatkoztatott átviteli függvényeinek vizsgálata. *Akusztikai Szemle*, IV.évf., 1.-4., 1999, Budapest. /35-41/.
- [4] WERSÉNYI, GY., Measurement system upgrading for more precise measuring of the Head-Related Transfer Functions, *Proc. of InterNoise 2000 International Conference*, Vol.II., August 27-30, 2000, Nice, France. /1173-1176/.
- [5] WERSÉNYI, GY., HRTFs in Human Localization: Measurement, Spectral Evaluation and Practical Use in Virtual Audio Environment. Ph.D. doktori értekezés, BTU Cottbus, 2002.