

Mi az a hangfalkorrekció?

Piret Endre okl. színes-tv szakmérnök

A hangfalkorrekcióra a mély-közép hangsugárzók frekvenciátvitelében jelentkező „mélyhang hiány” megszüntetése miatt van szükség, mely probléma abból ered, hogy a hangszórógyártók méréseinek körülményei és a felhasználás körülményei nem azonosak.

A jelenség

A nyolcvanas évek elején, amikor már lehetőségem volt egy hangsugárzó hangnyomásának frekvenciamenetét kimérni, tapasztaltam először, hogy legjobb igyekezetem ellenére a hangsugárzóim rendre „mélyhang hiányosra” sikerültek. 7-800 Hz alatt egy lankás esés volt tapasztalható, egészen a rendszer alsó határfrekvenciájáig. A gyári frekvenciamenet és a doboz méretezése alapján erre a jelenségre magyarázatot nem találtam. Még nagyobb volt a meglepetésem, amikor alkalmam volt az egyik gyártó által forgalmazott dobozméretezési programmal ellenőrizni az éppen aktuális dobozom frekvenciamenetét. A véletlen ugyanis úgy hozta, hogy a kis, 4 l-es dobozomban pont a szóban forgó gyártó hangszórója volt. A programban a gyártó hangszóróinak frekvenciamenetei egy adatbázisban voltak, melyeknek segítségével a program megrajzolta a dobozba szerelt hangszóró frekvenciamenetét. Ez 800... 100 Hz-es tartományban nyílegyenes volt, nyoma sem volt a lankás esésnek. Honnan ez az elmentmondás?

Az ok

A dolog nyitja abban rejlik, hogy a gyártók, az összehasonlíthatóság érdekében, egységesen az IEC 268-5 ajánlás szerint mérik és specifikálják hangszóróikat. Ez a szabvány a hangszórók méréseihez, így a frekvenciamenet méréséhez is, előírja, hogy a hangszórókat meghatározott hangfalra kell szerelni. Ennek mérete je-

len esetben is (200 mm alatti átmérőjű hangszóró) meglehetősen nagy, 135 × 165 cm. A méretezési program egy ilyen hangfalra szerelt hangszóró frekvenciagörbét vette figyelembe, és ezért egy olyan hangsugárzó frekvenciamenetét adta meg, melynél a 2,2 négyzetméteres hangfalra szerelt hangszóró hátulja a megméretezett 4 literes dobozzal van lezárva. Saját méréseim pedig a 4 l-es, 0,054 négyzetméteres homlokfelületű (hangfalú) dobozra vonatkoztak.

A fizika

A hangfal szerepe elsődlegesen az, hogy megszünteti a hangszóró eleje és hátulja között létrejövő akusztikai rövidzárat, és így egy dipólus antennához hasonló (nyolcas alakú) sugárzási karakterisztika jön létre. A hullámhossz növelésével (a frekvencia csökkenésével) elérünk egy pontot, mikor a hangfal mérete a hullámhosszal már összemérhető, és így a hangfal már nem tölti be szerepét: a hanghullám megkerüli a hangfalat.

Zárt hangdobozunknál, az akár a hangfal mögé került, akár nem, nem jön létre akusztikus rövidzár. A csupasz hangfalra szerelt hangszóró nyolcas alakú karakterisztikájának csak a fő sugárzási irányba mutató fele marad meg, a hangsugárzó csak előre, a féltérbe sugároz. A hullámhossz növekedésével azonban a hang egy pont után most is megkerüli a dobozt, és ugyan akusztikus rövidzár nem jön létre, de a hangsugárzó hátrafelé is sugározni kezd. Ekkor síksugárzóból gömbsugárzóba megy át, a do-

boz homlokfalának irányító hatása megszűnik. Nyilvánvaló, hogy az átmenet után a tengelyirányú hangnyomás lecsökken, hiszen a hangsugárzó nem csak a féltérre, hanem a teljes teret sugározza be. Emiatt az átmenet után a tengelyirányú hangnyomás az alacsonyabb frekvenciák felé haladva lankásan, összesen 6 dB-lel csökken. Ennek a csökkenésnek a kezdete a doboz méreteitől függ, kisebb homlokfelületű doboz esetén magasabb, nagyobb homlokfelületű doboz esetében alacsonyabb frekvencián következik be. Ha az átmenet a hangsugárzó átviteli sávjába esik, kénytelenek vagyunk az elektromos átviteli útba elektromos kompenzációt iktatni, ezt nevezzük *hangfal korrekciónak* (baffle correction). Az átmenet meredeksége a doboz geometriájától függ, a legmeredekebb akkor, ha a homlokfal kör alakú és a hangszórót a kör középpontjába szereltük. (Az IEC 268-5 is megköti, hogy a hangfalon belül hova kell a hangszórót szerelni, a kijelölt hely nem esik a téglalap alakú hangfal egyik szimmetriatengelyébe sem.) Láttam már a szóban forgó korrekciót „step correction”-nek (lépcső korrekciónak) nevezni, mely elnevezés szerintem azért helytelen, mert a gyakorlatban sohasem következik be hirtelen átmenet, így a korrigálandó frekvenciamenet sohasem lépcsőszerű.

A gyakorlat

A hangfalkorrekció problémája leginkább a mély-közép hangszórót alkalmazó hangsugárzóknál lép fel. Különösen kritikus a

helyzet, ha ezt a hangszórót a jó sztereokép kialakítása érdekében egy kis (ún. szatellit) dobozba építjük. Ennek ugyanis természetéből következik, hogy kicsi a homlokfelülete.

Példaképpen az **1. ábrán** egy 130 mm névleges átmérőjű mély-közép hangszórót tartalmazó új, 5 literes dobozaim fejlesztése közben a hallgatási pozícióban felvett hangnyomásgörbét láthatjuk. A görbe alacsonyfrekvenciás, 100 Hz alatti, meredekebb levágását a hangszóródozoboz alsó határfrekvenciájából adódó (másodfokú felüláteresztő alaptagnak megfelelő) szűrőhatás okozza. A görbén észlelhető hullámszerű ingadozások tipikusak, a szoba állóhullámai által okozott ingadozások, melyek a nagyobb mikrofon-hangszóró távolságok miatt válnak láthatóvá.

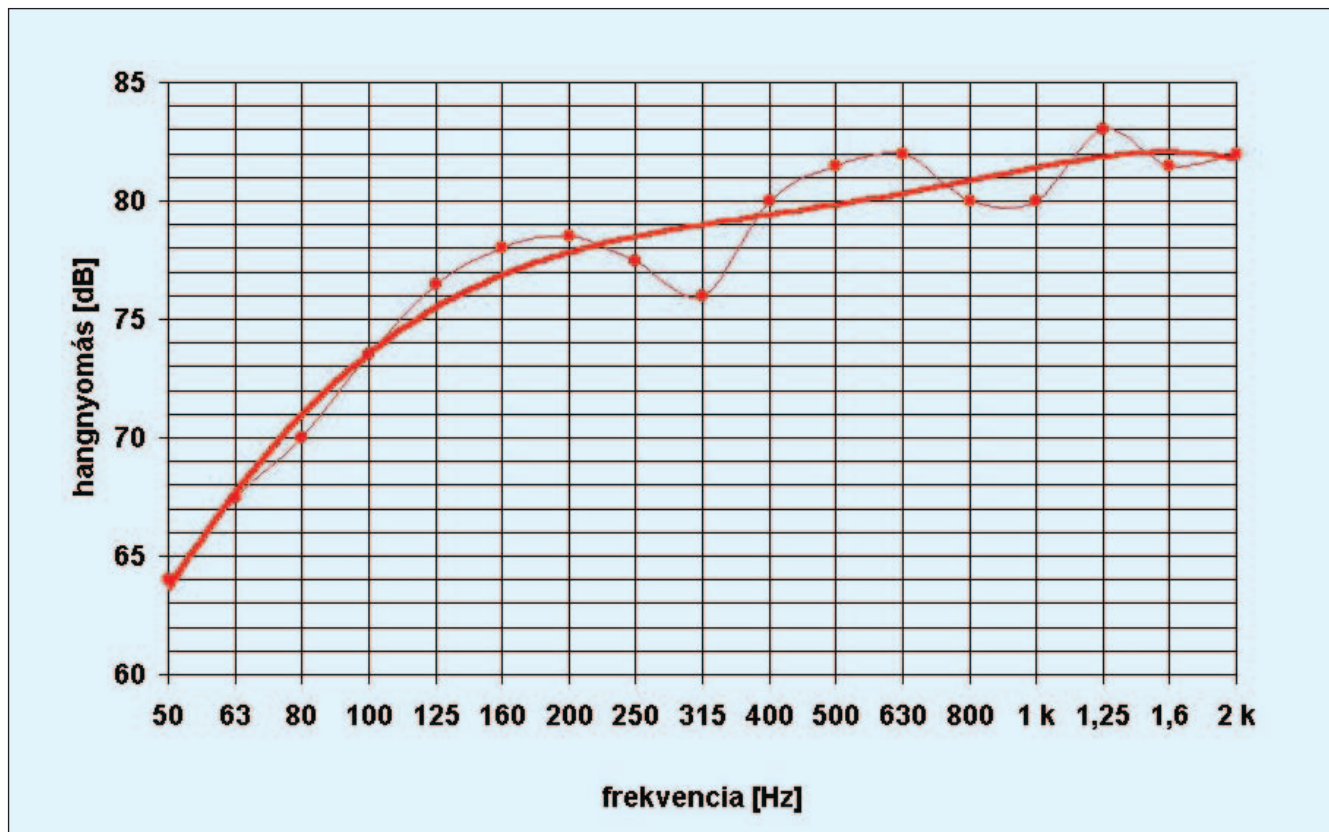
Nem célunk és nem is volna lehetőségünk a hullámszás korrigálására, de az általános esést az alacsony frekvenciák felé, vagyis ezt a trendet meg kellene szüntetni. A mérési adatokat táblázatkezelőbe vittem be, és itt lehetőség van

trendvonal felvételére. Az átviteli útba egyetlen reaktív tagot tartalmazó hálózatot iktatva maximálisan harmadfokú korrekció érhető el (egy pólus, egy zérus), ezért a felvett trendvonalal (vastag vonal) harmadfokú polinomiális közelítéssel közelítjük a mért átviteli görbét. A korrekciós tagnak az így felvett trenddel ellenkező irányú frekvenciamenettel bíró hálózatnak kell lennie. Megjegyzem, hogy általános esetben ez a harmadfokú közelítés elméletileg is csak legfeljebb három pontban adhat pontos kompenzációt. (Akár a padding kondenzátor a középhullámú oszcillátornál.) Bonyolultabb, több reaktív tagot tartalmazó hálózattal jobb közelítés érhető el, erre azonban ritkán lehet szükség.

A kompenzáló hálózat helye az átviteli láncban

A korrekciót feszültség szinten a végerősítő bemenete előtt, vagy teljesítményszinten, a végerősítő kimenetén, a hangszóró előtt végezhetjük el.

A **2. ábrán** az átviteli útba iktatott, egy feszültség szintű korrekciót megvalósító, passzív RC-hálózatot láthatunk, az azt követő aktív elemmel együtt. Magas frekvencián a C kondenzátor impedanciája igen kicsi, így az átvitelt R1 és R2 aránya határozza meg. Igen alacsony frekvencián a kondenzátor impedanciája nagy lesz az ellenállásokhoz képest, a hálózat nem csillapít. Ha a viszonyítási alap a magasfrekvenciás átvitel, akkor azt mondhatjuk, hogy a hálózat alacsony frekvencián kiemel. R1 és C értéke a magasfrekvenciás töréspontot, vagyis a kiemelés kezdetét, R2 és R1 összege és C értéke pedig az alacsonyfrekvenciás töréspontot határozza meg. Ha R1-et és R2-t egyforma értékűre választjuk, akkor a hálózat alacsony frekvencián 6 dB-t emel ki, a töréspontok frekvenciaaránya is 1:2 lesz. Az átvitel frekvenciafüggését a 2. ábra elemértékei mellett a **3. ábrán** láthatjuk (szimuláció). Az ábrán az látszik, hogy bár a kiemelés kezdetét 500 Hz-re méreteztük,



1. ábra

A ROYALOHM ellenállások sikered építőkövei



Electronic Components

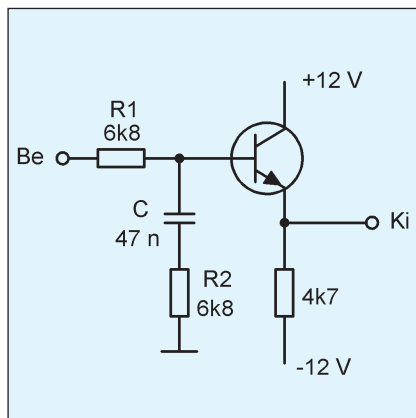
A Royalohm ellenállások teljes kínálata az alábbi oldalon:

www.tme.hu

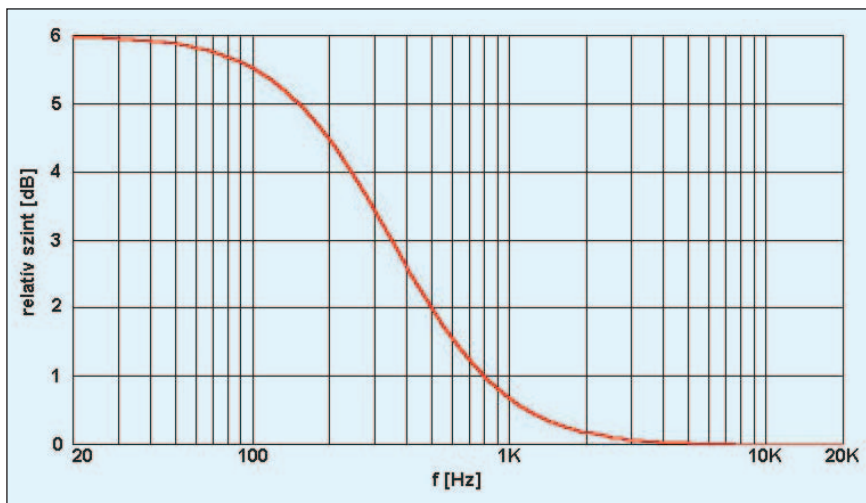
Transfer Multisort Elektronik

TME Hungary Kft. - 1143 Budapest, Ilka u. 46. 1/1., tel.: +36 1 220 67 56, fax: +36 1 273 03 28, e-mail: tme@tme.hu, www.tme.hu
Székhelyünk: ul. Ustronna 41, 93-350 Lodz, Poland, tel. +48 42 645 54 44, fax +48 42 645 54 70, e-mail: export@tme.eu, www.tme.eu

a kiemelés mértéke ezen a frekvencián nem éri el az elméleti 3 dB-t, hanem annál kevesebb, 2 dB körüli. Ugyanaz a helyzet az alacsonyfrekvenciás töréspontnál is. Ennek oka az, hogy a két töréspont frekvenciában közel van egymáshoz, és így egymás fekvenciaátvitelét befolyásolják. Az elméleti görbe „ellapul”, meredeksége kisebb lesz, ez a jelenség egyébként számunkra előnyös.



2. ábra



3. ábra

A 4. ábrán láthatjuk a 2. ábra szerinti korrekter hatását a hangnyomás frekvenciagörbéjére. A kék görbe a kompenzálás előtti, az 1. ábrával megegyező hangnyomásgörbét, a piros görbe pedig a kompenzálás utáni hangnyomásgörbét mutatja be.

A méretezés az elmondottak alapján egyszerű. Először felvesz-

szük a magasfrekvenciás töréspont frekvenciáját, f -et, és R_1 -nek egy 5 és 15 kohm közötti értéket. Az alábbi képlettel kiszámítjuk C értékét:

$$C = \frac{1}{6,28 f R_1}; [F], [Hz], [\Omega].$$