



**A**mikor dinamikus hangszórókkal ellátott rendszereket használunk, melyek elektromos jeleket mechanikai rezgéshullámokká, hanggá alakítanak, gyakran szembesülünk azzal, hogy a hangkeltő sugárzási karakterisztikája, így végső soron a hangzás minősége erősen függ a beépítés és az elhelyezés módjától, azaz az úgynevezett „akusztikai környezettől”. Ezt szem előtt tartva kell például a hangszóró méretét, beépítésének módját és a komplett kialakítást megválasztani, mert akusztikai szempontból máshogyan viselkedik egy szabadon álló (pl. konyharádió), egy változó helyzetű (pl. telefon), illetve egy fix elhelyezésű (pl. lift telefon) rendszer. Cikkünkben a burkolatlan hangszórók esetén fellépő, elülső és hátsó hanghullámok egymásra való kedvezőtlen hatását, az úgynevezett akusztikai rövidzár fogalmát járjuk körbe és megpróbálunk megoldási javaslatokat tenni ennek kiküszöbölésére.

## A jelenség

A gyakorlatban megfigyelhető, hogy a dinamikus hangszóró rendszerek általunk érzékelt hangminősége jelentősen eltér különböző elhelyezések esetén, illetve attól függően, hogy más mechanikai hatásoknak (például ráhelyezett tárgy) ki van-e téve az eszköz.

A tervezés és gyártás során a hangszórókat a lehető legjobb hangvisszaadási képességgel ruházzák fel a gyártók, mind az átviteli frekvencia, mind az elérhető maximális hangnyomás szint tekintetében, ahhoz hogy összetett jelek, mint a beszédhang vagy a zene élvezhető minőségben legyen reprodukálható.

Bármelyik hangszórót is nézzük, a rá jellemző frekvenciaátviteli tartomány csak részhalmaza lesz az emberi fül által hallható komplett spektrumnak, mely általában az oszcillátor rendszer rezonáns sajátfrekvenciától egy meghatározott maximális felső frekvenciaértékig terjed (kHz tartomány).

Természetesen a szélsőértékek alatti és feletti frekvenciákon is fog sugározni a hangszóró, de itt a hang erőssége szignifikánsan alacsonyabb lesz, mint az

átviteli tartományban. A gyakorlatban ez a működési frekvencia-tartomány sokkal szűkebb, ha a hangszórót önállóan, szabadon állva használjuk, például egy asztalon, mintha beépítenénk a végső helyére.

Ha a hangszóró zenét sugároz, kevésbé gazdag, inkább vékony, szegényes, fátyolos hangzás jellemzi. A rendszer drámai változáson megy keresztül mihelyst a hangszórót „dobozoljuk”, a hangzás hirtelen terjedelmessé, teljessé válik.

## Háttér és magyarázat

Vajon miért történik ez? A megértéshez emlékeztetnünk kell az olvasót, hogy a hang nem más, mint „légmozgás”, a

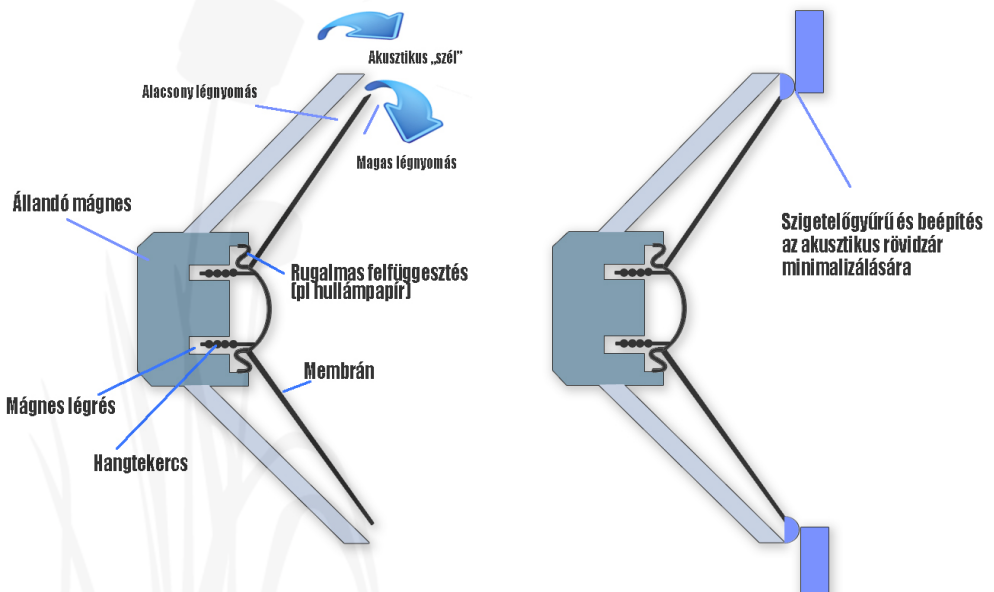
levegő periodikus előre és hátra mozgása. Hasonlóan a meteorológiában tapasztaltakhoz, a hangszóró membránja előre mozdulásakor keltett lég hullámok a kónusz előtt nagy nyomású, háta mögött pedig kis nyomású zónát hoznak létre.

Mivel a valóságban a membrán nagy frekvenciával előre és hátra is mozog, a teljes hangszórót dinamikus rendszerként kell tekinteni, mely minden időpillanatban a nyomáskülönbségek kiegyenlítésére törekszik.

A membrán előre mozgásakor keletkező sűrített levegő kiegyenlíteni igyekszik a hátul keletkező alacsony nyomású vákuumszerű légréteget.

A jelenséget a meteorológia szélként definiálja, ugyanez a helyzet az

## Dinamikus hangszóró - az „akusztikus rövidzárlat”



akusztikában is, ne feledjük, itt is légmozgásról van szó, még ha az intenzitása sokkal kisebb is!

- A hanghullám (mozgó levegő) mindig a legrövidebben bejárható utat teszi meg ahhoz, hogy a nyomáskülönbséget kompenzálni tudja, ez pedig a membrán szélének közvetlen megkerülésével valósítható meg legegyszerűbben szabadon használt hangszóró esetén.

A keletkező szél károsan befolyásolja a hangminőséget, mert a visszafelé áramló levegőhullámok elnyomják a membrán keltette hanghullámok egy részét.

Ahhoz, hogy a hatást csökkentsük, az utat növelni kell, ehhez pedig érdemes először is lezárni a membrán élei és a kosár közötti rést egy hab, impregnált szövet, hullámpapír vagy gumi tömítőgyűrűvel, ami mechanikai támogatást is nyújt a rugalmas felfüggesztés számára.

A lezárás alakja és anyaga jelentősen befolyásolja a hangminőséget. Minden anyagnak vannak előnyös és hátrányos tulajdonságai, a poliészter hab például könnyű és olcsó, de az ózonnal, UV sugárzásra, a páratartalomra és a magas hőmérsékletre érzékeny.

- A hatás erőssége függ a hullámhossztól, így végsősoron a membrán frekvenciájától, alacsonyabb

frekvencián jelentősebb, mint magas frekvenciákon.

- Szélessávú átvitel (beszéd vagy zene) esetén elsősorban az mély hangok (basszus) nyomódnak el az akusztikus szél hatására.

Egyidejűleg a középhangoknál kevésbé, a magas hangok esetén egyáltalán nem érzékelhető a negatív hatás.

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az eredeti zene mély-magas hangaránya eltolódik, a hangzás vékonyabb, szegényesebb lesz.

Fontos megjegyezni, hogy magával a hangszóróval nincs semmi baj, az éllezárás önmagában nem oldja meg a problémát, azt majd a beépítés során kell orvosolni, a hangszóró nem hibás és nem is rossz.

Ahhoz, hogy ideális módon lehessen mérni az akusztikai jellemzőket a gyártók adatlapjaikban specifikálják a rekonstruálható mérési elrendezéseket, a beépítés pontos módját.

Összefoglalva tehát a fentieket membrán mögötti hullámok részben kioltják a membrán előtti alacsony frekvenciás hanghullámokat, lévén azok ellenfázisúak (180°). Magasabb frekvenciákon a jelenség nem okoz gondot.

## Lehetséges megoldások

▪ Az egyik lehetséges megoldás a hanghullámok hosszabb útra terelése mielőtt a nyomásszintek kiegyenlítődnének. Egy érdekes kísérlettel bemutatatható ennek a hatása. A dinamikus hangszóró, mely membránjának éle természetesen gyárilag le van zárva, tehát önmagában tökéletes eszköz, egy hosszú lukakkal ellátott csőbe van szorosan építve (lásd ábra).



Amennyiben zenét játszunk le rajta keresztül a hangzás szegényes lesz. A membrán előtti nagyobb légnyomás és a hangszóró mögötti kisebb légnyomás a lyukakon keresztüli rövid úton áramló akusztikus szelet kelt, ami igyekszik kiegyenlíteni a nyomáskülönbséget. Ahhoz, hogy ezt az utat megnöveljük a lyukakat egy a csőre húzott papírtekercssel lezárjuk, ezzel a szelet a cső hátsó végén lévő nyílás felé irányítjuk, a hangminőség azonnal javul, sokkal teltebb hangzás tapasztalható.



▪ Ki kell emelni, hogy a sikeres nyomáskompenzálás hangenergia veszteséggel jár, emiatt a hasznos (hallható) hang gyengébb minőségű (kisebb intenzitású a basszus).

▪ Másik megoldás a hangszóró szélének szorosabb zárása a gyártáskor, mint ahogy azt már írtuk előbb is.

Használhatók az említett tömítőgyűrűk, de néha teljes lezárást is alkalmaznak a gyártók, például ragasztással.

## Gyakorlati segítség

A fent említett módszerek gyakorlati alkalmazásával a membrán éle mentén fellépő közvetlen nyomáskompenzáció nemkivánt hatása hatásosan csökkenthető.

A beépítés nyújtotta lehetőség szerint a hang a lehető legrövidebb lehetséges úton igyekszik kiegyenlíteni a nyomásváltozást, ennek az útnak a hossza a legközelebbi nyílás távolságától függ.

Ha ezt a távolságot a tervezés során növelni tudjuk, a basszus hangokat fel tudjuk erősíteni.

A tervezőknek különböző beépítési módokat ajánlanak a gyártók, ezek közül veszünk sorra néhányat az alábbiakban. A hangszóró élei körüli lezárás tehát a hang útját növeli a hangszóró háta mögé, ezzel javítva a basszus hangok erősségét.

A legkézenfekvőbb, és legkönnyebb eljárás az akusztikai rövidzár elkerülésére a hangszóró nagyméretű, egy helyen kilyukasztott panelbe való építése (A).

Még ennél is hosszabb utat tudunk kialakítani, ha a fal éleit is lehajtjuk (B), így a negatív hatást még inkább megszüntetjük.

Ilyen elrendezést találunk egy sor olyan végerősítőben, ahol a hűtés miatt a hátoldal teljesen nyitott, vagy pedig lyuggatott lemezzel zárt (például egyes gitárerősítők).

A teljesen zárt és a hangszórók élei mentén megfelelően hangszigetelt dobozok sokszor a legegyszerűbb és legjobb megoldást kínálják (C és E), de subwoofer rendszerekhez nem alkalmasak, mert a veszteségek túl nagyok és a hatásfok jelentősen csökken.

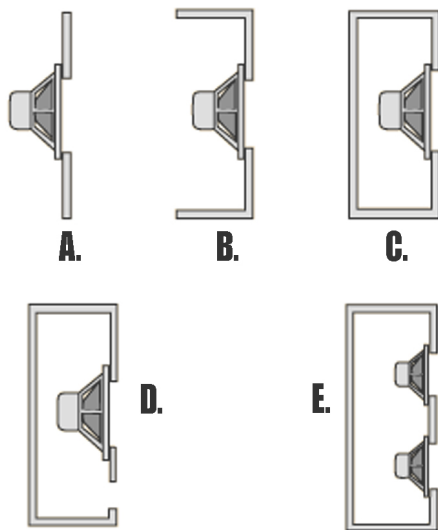
Egy, a teljesen zárt dobozból származtatott megoldás lehet a bass-

reflex tokozás (D), ahol a háznak van még egy nyílása és egy hangcsatornája a panel elején, közel a hangszóróhoz.

A rendszert oly módon kell megtervezni, hogy a dobozban kialakuló légpárna rezonátorként működjön.

A hangolástól függő sajátfrekvencia környékén gerjesztve a hangfalat nagyobb hangnyomás szint érhető el.

Ez alatt a frekvencia alatt az akusztikus rövidzár miatt a kimenet csillapított, felette pedig nincs jelentősége a problémának. Ezzel a módszerrel a hangfal sáv szélessége egy oktávval is növelhető.



A hangszóró éleinek leghatásosabb lezárása mellett van még egy gyárilag kivitelezhető megoldás az akusztikai rövidzár negatív hatásának kiküszöbölésére, mégpedig a hangszóró teljesen zárt miniatűr dobozba való gyári tokozása).

A hangfal így gyakorlatilag teljesen vissza van hajtva és le van zárva, így a nemkívánt nyomás-kompenzálás, az akusztikai rövidzár nem is lehetséges.

Az Endrich kínálatában ezek a gyári tokozású hangszórók is megtalálhatóak.

