

# Erősítők, hangfalak

## a, Végerősítők

A végerősítő feladata a rákapcsolt hangfalak meghajtása vonalszintű bemeneti jel alapján.

### Teljesítmény

A teljesítmény specifikálására többféle szabvány létezik:

- Szinuszos
- Zenei
- PMPO: aktív multimédia-szpíkereknel és távol-keleti villogó csodáknál használt szabvány(?), kb. a két csatorna által felvett teljesítmény-összegének megközelítőleg a tízszerese.

Az erősítő a specifikált teljesítményt adott terhelés mellett (adott impedanciájú hangfal(ak)on ) adja le.

- Ha a hangfal impedanciája ennél nagyobb, akkor a leadott teljesítmény arányosan kisebb (ezért lehet nyugodtan pár 100 W-os erősítőre fülhallgatót dugni)
- Ha a hangfal impedanciája kisebb, akkor a leadott teljesítmény általában arányosan nagyobb lesz. Bizonyos impedancia alatt az erősítő védelme (rosszabb esetben a tönkremenetele) korlátozhatja a leadott teljesítményt. (A megengedett legkisebb terhelőimpedanciát általában specifikálják.)

Ha az erősítő Peak-el (piros lámpa villog az elején), akkor gyakorlatilag a túl nagy bemenő jel következtében a kimenő feszültség elérte az erősítő (belső) tápfeszültségét, és mivel ennél magasabbra nem tud menni, a kimeneten kis időre egyenáram jelenik meg. A módszer segítségével az erősítő teljesítményénél nagyobb teljesítményű hangfalak is könnyedén tönkretelhetők.

A erősítő teljesítménye nem mindig mutatja meg, hogy a készülék “mekkorát szól” (W<sub>km</sub>)

### Torzítások

Sokféle létezik belőlük (harmonikus, intermodulációs, tranziens intermodulációs, stb.), általában százalékban adják meg, és minél kisebb az értéke, annál jobb.

A specifikációkban az 1 kHz-en mérhető összes harmonikus torzítást (THD) szokták megadni. Ez legtöbbször egy szép, alacsony érték, de sajnos nem sokat mond, mert:

- nem tudjuk meg a torzítást más frekvenciákon (illetve nem a specifikációból tudjuk meg),
- egy bizonyos érték alatt a THD nagysága nem lényeges (pl. gyakorlatilag mindegy, hogy 0,01% vagy 0,001%),
- a többi, a hangminőség szempontjából fontos (ismert és ismeretlen) torzításfajtáról az adatlapok mélyen hallgatnak.

### Védelmek

Egy professzionális készüléknek sok mindent illik kibírnia. Ezért az erősítőket különféle védelmekkel látják el, amelyek különböző, üzemszerűnek már nem nevezhető esetekben a végfokra jutó jelet csökkentik (limitálják), drasztikusabb esetben leválasztják. Ilyenek pl:

- peak-védelem (lásd fent),
- hővédelem: a végtranyók túlmelegedése esetén,
- betáp-védelem: túl alacsony (nagyobb lesz a torzítás) v. túl magas (rövidebb az élettartam) tápfeszültség esetén (pl. csillagponteltolódás).

Az erősítők ezenkívül a hangfalakat is védik a rájuk (vagy a hallgatóságra) nézve káros behatások ellen (a hangfalat leválasztásával), pl.:

- bekapcsolási tranziensek esetén (ne pattanjon a hangfal),
- ha az erősítő kimenetre valamilyen hiba folytán egyenáram kerül.

### Csatlakoztatás (be- és kimenet)

Az erősítőkön (meglepő módon) az alábbi csatlakozások találhatóak:

- bemenet: szimmetrikus v. aszimmetrikus, vonalszintű, továbbfűzési lehetőséggel,
- kimenet: általában ide kötjük a hangszóró(ka)t.

A bemenetek legtöbbször (de nem mindig, pl. Garry erősítők) bal oldalon v. fölül, a kimenetek jobb oldalon v. alul találhatóak. (Általános elv a hangtechnikában: a valamilyen szempontból egymás után következő dolgok csatlakozói, kezelőszervei balról jobbra és/vagy felülről lefele helyezkednek el.)

### Bridge kapcsolás

A sztereó erősítők két oldalának összteljesítményét felhasználhatjuk egy csatornán is (pl. egy 2x500 W-os erősítőt egy 1000 W-os hangfal meghajtására), ez az ún. bridge üzemmód (hídkapcsolás), amely az erősítőn található bridge, vagy stereo/mono kapcsolóval választható ki. Ilyenkor mindkét oldal ugyanazt a bemeneti jelet kapja (általában a bal oldalt), de az egyik oldal ellenfázisban, a kimenetre (szintén a bal oldalra) pedig a két jel melegepontja (vagyis gyakorlatilag a két jel összege, úgy is mondhatnánk, az egyik oldal jelének a kétszerese) kerül.

## b, Hangszórók

A hangszórók feladata a hangot reprezentáló elektromos jel hanggá alakítása (inverz mikrofon).

A hangszóró tehát lényegében egy elektroakusztikus átalakító, amely megfelelő módon kell hogy illeszkedjen az erősítőhöz (elektromos oldalról) ill. a levegőhöz (akusztikus oldalról).

A leggyakrabban használt átalakítók:

- elektromágneses: (a gyakorlatban előforduló hangszórók túlnyomó többsége ilyen, l. rajz v. szemléltető darab) főbb alkatrészei: mágneskör, a mágneskör légrésében elhelyezett lengőtekercs valamint az ehhez kapcsolt membrán, a membrán (lukas) közepét lezáró dóm, a lengő részeket megvezető pille és rimm(?), az egészet mechanikailag összetartó kosár, a lengőtekercset a csatlakozókkal összekötő bevezetőszálak. Működése: a membrán-lengőtekercs együttes a tekercsen átfolyó áram hatására kimozdul nyugalmi állapotából. Ha a tekercsre adott frekvenciájú váltóáramot vezetünk, akkor a membrán, illetve a levegő is ezen a frekvencián fog rezegni, vagyis hangot hallunk. Ha a tekercsre gyenge egyenáramot vezetünk (pl. 9 V-os elem), akkor szemrevételezéssel ellenőrizhetjük a hangszóró polaritását. Általában ha a plusz (piros) pucukára pozitív feszültséget küldünk, akkor a membrán előre mozdul ki. Igazából mindössze az a fontos, hogy ha több hangszórót használunk, akkor mindegyik azonos irányba mozduljon ki (általában, de nem mindig, l. később). Ha a tekercsre tartósan egyenáramot vezetünk akkor túlmelegszik és leég.
- piezoelektromos: az elektromos => mechanikus átalakítást kvarckristály végzi, amelynek az itt kihasznált tulajdonsága, hogy a rákapcsolt feszültség hatására megváltoztatja a méretét és ezáltal kimozdítja a hozzá kapcsolt membránt. (A dolog visszafelé is működik, pl. piezomikrofon, piezo pick-up.)

Léteznek egyéb, hangosításban nem használt hangszórótípusok is, pl.:

- elektrosztatikus (nagyon jók, nagyon drágák, nagyok és nagy szoba kell hozzá => high-end),

- ionofon (egy mágnes közvetlenül az ionizált levegőt rángatja => roppant kis torzítás, amúgy elég körülményes dolog és még állítólag bűdös is, szóval elborult high-end).

## Hangszórók műszaki adatai

A hangszórók műszaki adatai főleg akkor érdekesek számunkra, ha hangfalat szeretnénk építeni, mivel a hangfalak adatai (l. később) jelentős mértékben eltérnek a beépített hangszórók adataitól.

- Sávzélesség (átviteli karakterisztika): milyen frekvenciatartományban (és milyen tűréshatáron belül) működik a hangszóró. Mivel olyan hangszórót, amely közel a teljes hallható frekvenciatartományban (mondjuk 50-17.000 Hz) elfogadható tűréshatáron belül marad, a ma rendelkezésre álló technológiával nem igazán lehet készíteni, a mély közép és magas frekvenciatartományhoz más-más méretű és felépítésű hangszórókat gyártanak, és/vagy a hangszóró hibáit különböző módszerekkel (doboz, tölcser, kamra, elektronika, l. később) javítják.
- Iránykarakterisztika: bizonyos (nem körszimmetrikus) hangszóróknál az átviteli karakterisztika különböző irányokba különböző lehet.
- Impedancia (hány ohm-os a hangszóró): 1 kHz-es szinuszos gerjesztés esetén a kapcsokon mérhető impedancia valós része (a multiméterrel mérhető ellenállás ennél kisebb).
- Teljesítmény: mekkora teljesítmény lesugárzására képes a hangszóró jelentősebb torzítás ill. meghibásodás nélkül. Itt sem mindegy, hogy folyamatos (egész estét betöltő) működésről, vagy csak rövid pillanatokra fellépő teljesítménycúcsokról van szó.
- Hangnyomás: a hangszóró által létrehozható max. hangnyomás (dB SPL-ben megadva).
- Hatásfok: lényegében az előző két paraméterből adódik.
- Torzítás: az átviteli láncban legtöbbször a hangszórók torzítása a legjelentősebb.
- Thiele-Small paraméterek: ezek ismeretében tervezhetünk a hangszóróhoz elméletileg jó dobozt. Ilyen paraméterek pl. a membrán átmérője, tömege, felfüggesztésének keménysége (ezt lehetőleg ne a dóm közepének nyomkodásával ellenőrizzük!), a tekercs és a mágneskör néhány fizikai adata, a hangszóró rezonanciafrekvenciája (ez gyakorlatilag a sávzélesség alsó határa), stb.

## Doboz

Vegyünk egy mélysugárzót és hozzá pl. egy 100 Hz-es szinuszos gerjesztést, és nézzük meg, mi történik! 100 Hz-es gerjesztés esetén a membrán viszonylag lassan mozog, a levegőnek van elég ideje arra, hogy a membránt megkerülje, vagyis a membrán egyik felén jelentkező levegősűrűsödés és a másik felén jelentkező levegőritkulás kiegyenlíti egymást, mi pedig nem hallunk semmit (a jelenség neve akusztikus rövidzár). Lehetséges megoldás: a membrán két felét el kell választani egymástól, pl. úgy, hogy a hangszórót egy végtelen kiterjedésű falba szereljük. Elméletileg persze a végtelennél kisebb fal is elegendő lenne, de ez még mindig olyan nagy, hogy a gyakorlatban végtelennek tekinthető. Másik megoldás: a hangszórót dobozba szereljük (az így kapott készüléket hangfalnak nevezzük). Praktikussága miatt főként ezt a módszert alkalmazzák.

A gyakorlatban többféle doboztípus használatos:

- Zárt doboz: nincs rajta nyílás. Ritkán használják, mivel a mélyátvitel viszonylag rosszabb (u.i. a dobozba zárt levegő rugóként viselkedik és növeli a hangszóró rezonanciafrekvenciáját).
- Bassz-reflex doboz: a belső és a külső légtér adott hosszúságú csövön össze van kapcsolva (bassz-reflex cső és nyílás). Az elrendezés segítségével a mélyhangátvitel jelentősen javítható. (A doboz lényegében egy a hangszóró rezonanciafrekvenciájánál alacsonyabb rezonanciafrekvenciájú rezonátort alkot, a reflexcső hossza pedig úgy van megválasztva, hogy a reflexnyíláson és a membrán külső oldalán sugárzott hanghullámok azonos fázisban legyenek, ezáltal erősítsék egymást.)
- Sávhatárolt doboz (Szub-mély): a membrán mindkét oldala valamilyen, zárt v. nyitott kamrába sugároz.
- Különböző elborult kombinációk is előfordulhatnak: egymásba nyíló kamrák, több hangszóró, egymással szembe fordított hangszórók, passzív membránok, ...

A magassugárzók hátsó oldala már eleve zárt és az így kialakuló „doboz” gyakorlatilag nem befolyásolja a hangszóró működését.

## **Tölcsér, labirintus**

Hasonlóan az elektronikához az akusztikában is beszélhetünk az illesztési problematikájáról. Hangforrások legoptimálisabban exponenciális tölcser segítségével illeszthetők a levegőhöz (l. hallótölcsér, szócső), vagyis így érhetjük el a legnagyobb hatásfokot. A tölcser mérete alapvetően meghatározza a rendszer alsó határfrekvenciáját: jó mélyhangátvitelhez több m átmérőjű tölcserre lenne szükség, Ezért exponenciális tölcserrel főleg a magassugárzóknál használnak.

Különböző “közelítő” megoldásokat azonban mélysugárzóknál is alkalmaznak, ilyen pl. a labirintus (feltekert tölcser).

Mindenféle furfangos alakú tölcserrel a hangszóró iránykarakterisztikája is jelentős mértékben befolyásolható (ez a magassugárzóknál lényeges, mivel a mély hangok nem annyira irányítottak).

A nagy teljesítményű tölcseres hangfalak egyik problémája, hogy a tölcser hangfal felőli, kis keresztmetszetű végén olyan mértékű nyomás alakulhat ki, hogy a levegő nemlineárisan kezd viselkedni (vagyis torzít).

## **Hangfalak műszaki adatai**

Hasonlóan a hangszórókhöz, itt is beszélhetünk átviteli karakterisztikáról, iránykarakterisztikáról, teljesítményről, max hangnyomásról, hatásfokról, torzításról, stb.

A Road szempontjából fontos műszaki adat a hangfal súlya (ez akár pár száz kiló is lehet).

Mint a hangtechnikai készülékeknél általában, itt sem lehet a megadott műszaki adatokból egyértelműen következtetni arra, hogy mennyire szól jól egy adott hangfal.

## **Különböző hangfaltípusok**

Attól függően, hogy a hangfal melyik frekvenciatartományban működik, megkülönböztetünk

- mélyládát (általában sávugárzó v. labirintus-rendszerű),
- kompakt ládát (általában bassz-reflex mély- ill. mélyközép-, magas-, esetleg közepsugárzók találhatók benne).

Nagyobb koncerteken a kívánt hangteljesítmény eléréséhez mindig több (sok) hangfalat kell kipakolni.

- Ezek a hangfalak lehetnek téglatest alakúak, ilyenkor egy nagyobb sugárzó felületet (és meglehetősen inhomogén hangteret) kapunk, vagy pedig
- fölülről nézve trapéz alakúak (cluster), ebben az esetben egy közel egy pontból, nagy szögben sugárzó hangforrást kapunk.

## **Hangfalak párhuzamos és soros kötése**

Gyakran előfordul, hogy az erősítő egyik kimenetére több hangszórót kell kötni. Ennek a két alapvető módja az alábbi három:

- Soros kapcsolás: előnye, hogy az impedanciák összeadódnak (nem terheli az erősítőt), fő hátránya, hogy különböző hangszórók esetén (márpedig nincs két egyforma hangszóró) a teljesítmény egyenlőtlenül oszlik meg (és ha netán az egyikre túl sok jut, akkor az megpusztulhat), valamint a

hangszórók egymásrahatása következtében nőhet a torzítás. Ezenkívül ha az egyik hangfal lengőtekerese megszakad, akkor a többi se fog szólni.

- Párhuzamos kapcsolás: sokkal megbízhatóbb, mivel ha az egyik hangszóró megszakad, a többi még szólni fog. Hátránya, hogy ilyenkor az erősítő teljesítménye (egyre) kevesebb hangfalon oszlik meg. Mivel párhuzamos kapcsolásnál az impedanciák repluszolódnak (az eredő impedancia kisebb), nem kapcsolhatunk tetszőlegesen sok hangfalat párhuzamosan, mert azt az erősítő nem nézné jó szemmel.
- Az előző két módszer különböző kombinációi is használatosak.

## Hibák

Az elektromágneses hangszórók leggyakoribb hibái (melyeknek legfőbb oka a hangszóró túlhajtása):

- a lengőtekeres túlmelegszik (egyenáram, magassugárzóknál alacsony frekvenciájú váltóáram hatására) és megszakad és/vagy beszorul a légrésbe (besül), a mágnes elmozdul,
- a bevezetőszál a mechanikai igénybevétel hatására elszakad,
- a túl nagy kilengések következtében a lengőrendszer mechanikailag károsul,
- lemezkosaras hangszórók esetén a hangszóró földetérésekor (pakolás közben) a kosár elgörbülhet (u.i. dög nehéz mágnes lóg az egyik végén).

## c, Crossoverek, processzoros rendszerek

Ha egy több utas hangfal minden hangszórójára ugyanazt a jelet küldenénk, akkor azokban a frekvenciatartományokban, amelyekben két vagy több különböző típusú hangszóró is sugároz (pl egy mély és egy magas) kioltások, erősítések és egyéb disznóságok jönnének létre (elsősorban azért, mert a különböző hangszórók által sugárzott hang más fázisban érkezik egy adott helyre).

Ezt a problémát oldja meg a crossover (keresztváltó), amely minden hangszóróra csak a tervező által szükségesnek ítélt frekvenciatartományt engedi rá. A crossoverek két fő csoportba oszthatók, úgymint

- passzív: RLC elemekből épül fel, a végrősítő és a hangszórók között helyezkedik el (általában a hangfalba van beépítve),
- aktív: aktív elektronikai elemeket is tartalmaz (tipikusan műveleti erősítőket), és végerősítő elé kell bekötni. Előnye, hogy sokkal drasztikusabb beavatkozást (meredekebb vágás, bonyolultabb karakterisztikák) tesz lehetővé ill. könnyebb a paraméterek állíthatóságát megvalósítani (univerzális crossoverek). Hátrány, hogy minden úthoz külön végerősítő kell.

A gyártók a hangfalak néhány hibáját (pl. frekvencia és fázismenet) sokszor valamilyen aktív elektronika segítségével (különböző processzorok) korrigálják. A hangfal hibája persze nem feltétlenül a rossz tervezésből adódik. Lehet, hogy valamely más fontos szempont miatt (pl. méret) pl. a kívánt frekvenciamenet nem (vagy csak magas költségekkel) valósítható meg (pl. SR1 v. Bose).

A processzorok gyakran egyben a hangszórók védelmét is ellátják.

## e, Előfokok

Különböző hangforrások különböző jelszintet szolgáltatnak és különböző lezárást várnak, ezért a keverőkön, előfokokon különböző bemenetek állnak rendelkezésre:

- mikrofon (kondenzátor, dinamikus),
- vonalszintű bemenet (lehet szimmetrikus v. aszimmetrikus),
- phone bemenet (lemezjátszóhoz).

Léteznek olyan készülékek is, melyeket kifejezetten szintátalakításra találtak ki, pl.:

- mikrofonelőfok (mikrofon -> vonalszint),
- direct-box v. DI-box (aszimmetrikus vonalszint -> szimmetrikus mikrofon),

- RIAA-korrektor (MM lemezjátszó-hangszedő -> vonalszint).