

Hangsugárzók impedanciamérésének tapasztalatai

Záborszky László okl. villamosmérnök

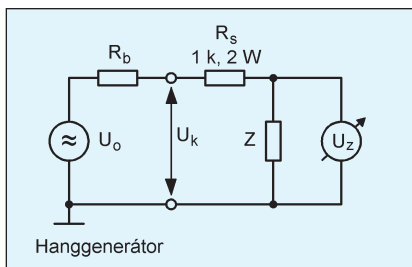
Hangsugárzók frekvenciamenetének mérésére több módszer ismert. A klasszikus, régóta alkalmazott módszerhez kellett egy úgynevezett „süketszoba”, amely a teremakusztikai jelenségeket (falakról, bútorokról történő visszaverődéseket, teremrezonanciákat, utózungést stb.) kiküszöböli. Az akusztikai mérésekhez használt süketszoba minden fala, még a padló és a mennyezet, sőt az ajtó is tökéletes hangelnyelő anyaggal van burkolva, hogy semmilyen visszaverődés ne legyen. Természetesen egy ilyen süketszobába semmilyen külső zaj nem szűrődhet be. Belépve egy ilyen helyiségbe, megdöbbentő síri csend fogad bennünket. Az ember a saját hangját is másképpen hallja, úgy hangzik, mintha egy végtelen, szabad, üres, csendes térben lenne az ember. Egy ilyen süketszobában helyezik el a mérendő hangsugárzót, amelyet szinusz jellel hajtának meg, és előtte szabványos távolságra, például 1 m-re a mérőmikrofont.

Újabban rájöttek arra, hogy egy reflexiókkal rendelkező helyiségben jobban közelítjük a szubjektív benyomást (a hallott hangot), ha a frekvenciamenet mérésére nem szinuszos, hanem zajjellegű (sztochasztikus) mérőjelet használunk. A mérőjelek a féhérszajból kiszűrt, 1/3 oktáv sáv szélességű súlyozott frekvencia-csomagok. A 20 Hz-től 20 kHz-ig terjedő tartományban 30 ilyen mérőjel van. A mérőjeleket hanglémezre (CD-re) is felvették. A súlyozásra azért van szükség, hogy az egyes mérőjelek effektív értéke azonos legyen, ugyanis magasabb frekvencián az 1/3 oktáv nagyobb sáv szélességet jelent, mint alacsonyabb frekvencián, ezért. súlyozás nélkül, magasabb frekvenciák felé a mérőjelek effektív értéke egyre nagyobb lenne. A súlyozott fe-

hérszajt rózsza- (színű) zajnak nevezik. A módszer elnevezése: Hangsugárzók mérése harmadoktáv-szűrt rózsaszajjal. Erről a módszerről bővebbet a hivatkozott irodalomban találhatunk [1.].

Mindkét mérési módszerhez szükséges egy hiteles mérőmikrofon is. Ha nincs jó mérőmikrofonunk, vagy valami ok miatt nehézségbe ütközik a frekvenciamenet mérés elvégzése, akkor a hangsugárzók impedanciamenetét könnyebben megmérhetjük. Nem állítom, hogy az impedanciamenet mérése helyettesíti a frekvenciamenet mérést, de számos hasznos következtetést vonhatunk le belőle. Az így szerzett tapasztalataimról kívánok ebben a cikkben beszámolni.

Mire jó a hangsugárzók impedanciamenetének ismerete? Felsorolok néhány alkalmazást: Megbecsülhetjük a hangsugárzó saját (lengőcséve) induktivitását. A többutas hangsugárzók impedanciamenetének megméréssel ellenőrizhetjük a szűrőváltó méretezésének esetleges hibáit. Az impedanciamenetben található görbületek („gyűrődések”) jelenléte kimutatja a hangsugárzó membránban keletkező állóhullámokat, ami nemkívánatos jelenség. Impedanciaméréssel könnyen kimutatható a zárt dobozos hangsugárzó egyetlen rezonancia púpja, vagy a basszus-reflex doboz kettős impedancia púpja is.



1. ábra

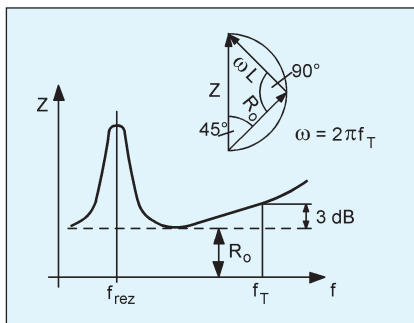
Az impedanciamenet mérése

Az impedanciamenetet az egész hangfrekvenciás sávban, 20 Hz-től 20 kHz-ig meg kell mérni. Kivételt képeznek a speciális magassugárzó hangsugárzók (dómsugárzók), amelyeket elegendő 200 Hz-től 20 kHz-ig megmérni. A mérési elrendezést az 1. ábra mutatja. A méréshez szükséges egy stabil kimenőfeszültségű hanggenerátor és egy szélessávú multiméter, amelyik a hangfrekvenciás sávban hitelesen mér váltófeszültséget. Figyelem: Nem mindegyik olcsó multiméter mér hitelesen 20 kHz-ig, nagyon gyakran csak 50-100 Hz környékén mérnek pontosan! Ezért mérés előtt a multiméter frekvenciatartományáról meg kell győződni, például úgy, hogy közvetlenül a hanggenerátorra kapcsolva a multimétert, végigmérjük az egész hangfrekvenciás tartomány kimenőfeszültségét. Itt természetesen feltételezzük, hogy a hanggenerátor kimenőfeszültsége nem függ a frekvenciától (ez egyébként alapvető követelmény). Továbbá az sem mindegy, hogy a multiméter melyik méréshatárát használjuk. A legtöbb multiméter AC állásban pontatlanul mér, ha az adott végkitéréshez képest nagyon kicsi a mért érték. Ez a multiméterben lévő egyenirányító tulajdonsága miatt van így.

A mérésnél az impedanciamérést feszültségmérésre vezetjük vissza. A vizsgált impedancia kapcsain mért feszültségből számítjuk ki az impedanciát:

$$Z = \frac{U_z}{I} = \frac{U_z(R_s + R_b)}{U_0 - U_z}$$

Ha nem pontosan ismert a hanggenerátor kimenőellenállása, akkor azt méréssel könnyen meghatározhatjuk. Először megmér-



2. ábra

jük az üresjárás U_0 feszültséget, majd ismert ($1\text{ k}\Omega$) terheléssel az U_k kapocsfeszültséget. A két adatból az $1\text{ k}\Omega$ terhelőellenállás ismeretében R_b kiszámítható:

$$R_b [\Omega] = 1000 \frac{U_0 - U_k}{U_k}$$

Ezzel a méréssel az impedancia abszolút értékét határozzuk meg. Ha a mérendő impedancia valós (ohmos), akkor Z kiszámítási képlete teljesen pontos. Ha azonban az impedanciának van induktív, esetleg kapacitív komponense, akkor a fázisforgatás miatt a képlet csak közelítő pontosságú. Ebben az esetben a számítás hibája annál kisebb, minél inkább áramgenerátoros jellegű a mért impedancia meghajtása. Ezért a soros ellenállásnak nagyinak kell lenni a mérendő impedanciához képest ($R_s \gg Z$). $R_s = 1\text{ k}\Omega$ már elfogadható pontosságot ad, $8\ \Omega$ névleges impedanciájú hangsugárzók mérésekor. $4\ \Omega$ -os hangsugárzók mérésekor már $R_s = 510\ \Omega$ is elegendő. Azért, hogy a nagy R_s ellenállás miatt ne kapjunk túlságosan kicsi mért feszültséget, jó, ha a hanggenerátor nagy feszültséget tud kiadni ($10 \dots 20\text{ V}_{\text{eff}}$).

Mérés közben a generátort lassan, kis lépésekkel hangoljuk, így minden maximumot és minimumot ki tudunk mutatni.

A lengőcséve induktivitásának becslése

A hangsugárzó saját induktivitásának, más szóval a lengőcséve induktivitásának ismerete fontos a szűrőváltók méretezésének szempontjából. Nagy hibát követünk

el, ha a hangsugárót csak a névleges impedanciájával megegyező valós (ohmos) ellenállásnak tekintjük. Ha nincs olyan precíz impedanciamérő hidunk, amivel a mérendő impedancia valós és képzetes részét külön-külön ki-mérhetnénk, a lengőcséve induktivitás jó közelítéssel megbecsülhető a felvett impedancia-görbe segítségével is.

Egy dinamikus hangsugáró tipikus impedanciamenetét a 2. ábra mutatja. Az ábrán látható az induktivitás megbecsülésének módja is. Egyértelműen a lengőcséve induktivitása okozza azt, hogy a rezonancia csúcs (csúcsok) fölötti lapos minimum után, az impedancia a magasabb frekvenciák felé emelkedik. A görbén megkeressük azt a frekvenciát, ahol legkisebb az impedancia. Ez vagy a legmélyebb frekvencia (20 Hz), vagy a rezonancia fölötti lapos minimum, ami egy közepes mélysugárzónál $200 \dots 250\text{ Hz}$ környékére esik. Közép- és magas sugárzóknál a minimális impedancia legtöbbször a rezonancia alatti, legmélyebb frekvencián mérhető. Ezt a minimális R_0 impedanciát közelítéssel ohmosnak tekintjük. Ezután a rezonancia feletti emelkedő szakaszon megkeressük azt

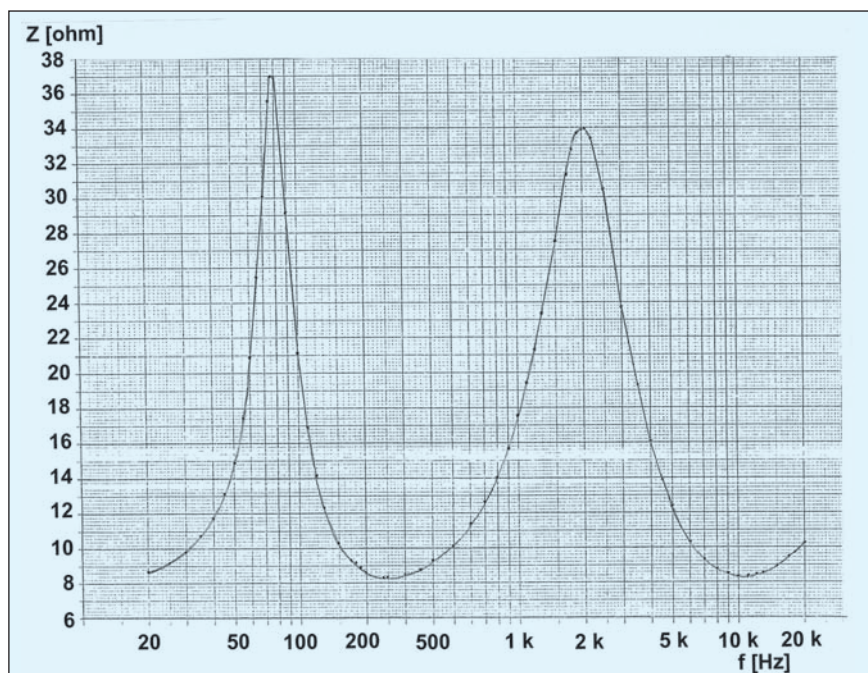
az f_T frekvenciát, ahol R_0 -hoz képest 3 dB -el nagyobb az impedancia. Ezen a frekvencián a vektorábra értelmében a valós és az induktív impedancia egyenlő egymással:

$$R_0 = 2\pi f_T L_L$$

Ebből kiszámítható a keresett induktivitás:

$$L_L = R_0 / 2\pi f_T$$

Ez a módszer csak közelítő pontosságú, mert a hangsugáró elektromos impedanciáját nemcsak a lengőcséve ohmos ellenállása és induktivitása határozza meg, hanem a hangsugáró mechanikus rezgő elemei (rezgő tömeg, rugalmas visszatérítő erő, veszteségi ellenállás), és az akusztikus sugárzási ellenállás is. Ezt a hangsugáró elektromos helyettesítő kapcsolása is mutatja [2.]. A mechanikus rezgő elemek és a sugárzási ellenállás elektromos impedanciára gyakorolt hatása (a veszteségi ellenállás kivételével) frekvenciafüggő, így az impedancia-görbe emelkedő szakaszát is befolyásolják, és pedíg az emelkedés ezek miatt kevésbé meredek annál, mintha csak R_0 és L_L lenne. A másik elhanyagolást ak-



3. ábra