

Reflexcső hosszának számítása

Dr. Wersényi György Műszaki akusztika jegyzete alapján a Helmholtz-rezonátor rezonanciafrekvenciája átrendezve a mi változóelnevezéseinkre:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{m_A C_A}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho_0 L_V}{P_D} \cdot \frac{V_b}{\rho_0 c^2}}}$$

Rendezve, és ω_0 helyett f_b behelyettesítéssel:

$$f_b = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L_V V_b}{P_D c^2}}}$$

L_V -t kiemelve:

$$f_b = \frac{1}{\sqrt{L_V} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{V_b}{P_D c^2}}} \rightarrow \sqrt{L_V} = \frac{1}{2\pi f_b \sqrt{\frac{V_b}{P_D c^2}}}$$

és négyzetre emelve:

$$L_V = \frac{1}{4\pi^2 f_b^2 \frac{V_b}{P_D c^2}} = \frac{P_D c^2}{4\pi^2 f_b^2 V_b}$$

Rendezzük külön a konstansokat:

$$L_V = \frac{P_D}{f_b^2 V_b} \cdot \frac{c^2}{4\pi^2}$$

behelyettesítve a konstansokat ($c=344,67\text{m/s}$):

$$L_V = \frac{P_D}{f_b^2 V_b} \cdot 3.009 \cdot 10^3$$

Ha P_D keresztmetszet helyett az átmérőt használjuk, akkor a következő helyettesítést kell elvégezni:

$$P_D = \frac{P_{dia}^2 \pi}{4}$$

így az egyenlet:

$$L_V = \frac{P_{dia}^2}{f_b^2 V_b} \cdot \frac{c^2}{16\pi}$$

ill. a konstansok behelyettesítésével:

$$L_V = \frac{P_{dia}^2}{f_b^2 V_b} \cdot 2.363 \cdot 10^3$$

Előfordul, hogy a reflexcső keresztmetszetét a sugarával adják meg (pl. LspLAB sugójában), erre az esetre a

$$P_D = P_r^2 \pi$$

helyettesítéssel a következő az egyenlet:

$$L_V = \frac{P_r^2}{f_b^2 V_b} \cdot \frac{c^2}{4\pi}$$

ill.

$$L_V = \frac{P_r^2}{f_b^2 V_b} \cdot 9.454 \cdot 10^3$$

Ha az LspLAB sugójában lévő képletet megnézzük, akkor láthatjuk, hogy az teljesen ugyan az, egyedül a konstans tér el kicsit, melyek feltételezhetően az az oka, hogy más értéket vesz fel a c hangsebességre: (ha visszaszámolunk, akkor $c \sim 343$ m/s értékkel számolhattak)

$$L_V = \frac{9.36 \cdot 10^3 \cdot R_V^2}{V_B \cdot f_b^2} - k \cdot R_V$$

Az LspLAB a cső sugarát R_V -vel jelöli (én P_r -rel), az egyenlet végén levő $-k \cdot R_V$ tag a torkolati korrekció, ahol k torkolati tényező értéke függ a csővég kialakításától. Ennek függvényében rövidül a valós méret a számított hosszhoz képest, mivel a csövön kívül valamennyi levegő mindig együttmozgó tömegként viselkedik. Ha a mi képletünkbe is fel szeretnénk venni ezt a korrekciót, akkor megtehetjük, csak ügyeljünk a helyes megadásra, itt a cső sugarát szorozza a k -val, ha mi átmérőt használunk, akkor kettővel való osztás is kell:

$$L_V = \frac{P_{dia}^2}{f_b^2 V_b} \cdot 2.363 \cdot 10^3 - \frac{k \cdot P_{dia}}{2}$$

A k tényező értékének becslése nem könnyű, ez az egyik oka, hogy a hangdoboztervező programok nem adnak egyforma értéket a csőhosszra. (ill. mint láttuk, a többi konstans sem egyformán veszik!)

Torkolati tényező

Természetesen nem elégszünk meg az számított (látszólagos) hosszal, bár véleményem szerint ezt sem árt kiszámolni, mert így tudjuk, mennyi helyet kell hagyni a torkolatnál a normális működéshez. (Torkolati tényezőnek megfelelő távolság mindig legyen a csővel szemközti fallal!)

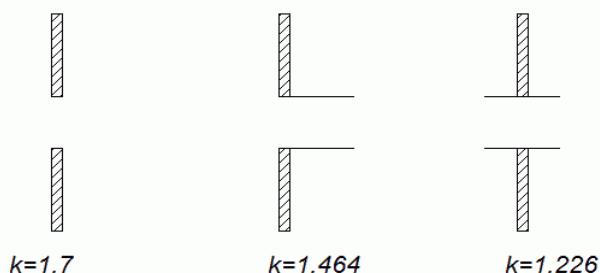
Az LspLAB sugójában található a k tényezőre három féle adat:

$k = 1.7$ A simple hole in the enclosure wall (0 flanges)

$k = 1.464$ A normal tube which enters or exits the enclosure wall (1 flange)

$k = 1.226$ A tube which both enters and exits the enclosure wall (2 flanges)

A 3 eset közül az első, amikor nincs cső, csak egy rést vágunk ki a doboz anyagán, vagyis a csővég mindkét oldalán fallal határolt. A második esetben a cső az egyik végével fallal találkozik, a másik vége belóg (vagy kilóg). A harmadiknál mindkét vége kilóg, valahol a cső a közepén van rögzítve a falban. Talán jobban érthető lerajzolva:



Sajnos a cső kialakítására (egyenes, tölcséres) nincs külön érték.

A BassBox súgójában nem találtam meg a k tényező értékeit, megpróbáltam visszafejteni, de arra jutottam, hogy a BB nem olyan formulát használ erre, mint az LspLAB, mást is beleszámíthat! Mindenesetre a BB elég jól becsli a csőhosszt, talán a legpontosabb a fellelhető szoftverek közül, így igazából továbbiakban is ezt célszerű használni, vagy legalább is kontrollálni vele a más vagy saját eredményt.

Jelölések listája:

f_b - hangolási frekvencia (Helmholtz-rezonátor rezonanciafrekvenciája)

L_v - reflexcső hossza [m]

V_b - doboz térfogata [m³]

P_D - cső keresztmetszete [m²]

P_{dia} - cső átmérő [m]

P_r - cső sugara [m]

k - torkolati tényező

m_A - akusztikai mozgó tömeg a csőben* [kg]

C_A - dobozüreg akusztikai hajlékonysága [m/N]

ρ_0 - levegő sűrűsége [kg/m³]

c - hangsebesség [m/s]

*Nem azonos a csőben lévő levegőoszlop tényleges tömegével, mert transzformálódik a cső keresztmetszetével. Ha a cső egységnyi keresztmetszetű (1m²) akkor viszont megegyezik vele! Amikor akusztikai hosszról ill. tömegről beszélünk, akkor az az akusztikai oldalon jelenlévő mennyiség, a reflexcső átmérője egy újabb transzformációt jelent, melynek áttétele $P_D=1\text{m}^2$ csőkeresztmetszet esetén 1.