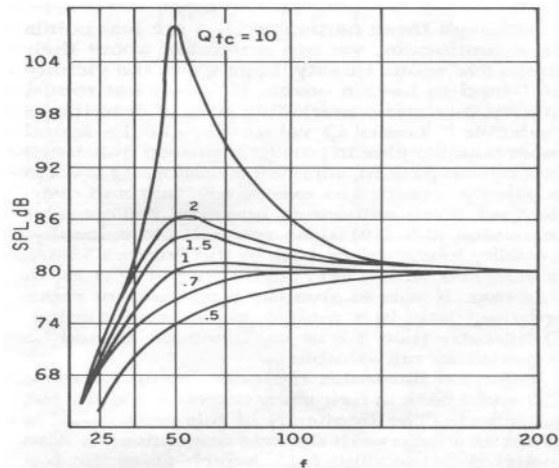


Beräkningsgång för sluten låda

I följande text antas att vi väljer ett högtalarelement med de primära storheter Q_t , f_s , V_A . Därefter dimensionerar vi en lämplig sluten låda genom att välja lådans volym V_B , så att önskade egenskaper uppnås.

1. Bestäm systemets Q-värde. Alltså, bestäm högtalarens karaktäristik genom att välja Q_t som, beroende på resonansfrekvensen f_B , bör ligga i intervallet

$$0,5 \leq Q_t \leq 1 \text{ med idealt område } 0,6 \leq Q_t \leq 0,9$$



Figur 1. Q_{tc} är ett mått på systemets dämpning. $Q_{tc} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$ ger lägst f_3 och rakast frekvensgång

stora fönster ("basen läcker ut genom fönstret"). Ju mindre och tätare rum desto närmare 9 dB kan man komma.

Ett rektangulärt rums största dimension x är en diagonal från hörn till hörn.

$$x = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}, \text{ a, b, c är rummets längd, bredd och höjd}$$

Om rummet är relativt tätt fås nu en förhöjning av ljudtrycket för

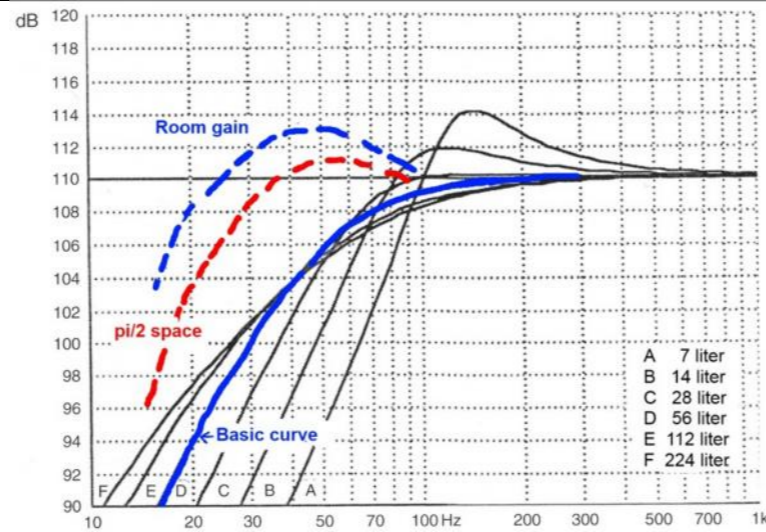
$$f < \frac{c}{x} = \frac{3}{x} \text{ Hz}$$

Exempel. Två rum har måtten 2,5*4*5 respektive 2,5*3,5*4 meter. Det ger $X = \sqrt{2,5^2 + 4^2 + 5^2} = 6,87$ respektive 5,87 m. Insättning ger $f < \frac{3}{6,8} = 50$ Hz, respektive 58 Hz. Vi ser att för normala rum fås en ljudtryckshöjning i intervallet 0-9 dB för frekvenser under ca 50-60 Hz.

B. Om ett högtalarelement befinner sig mindre än ca 1/16 våglängd från en stel yta (golv, vägg, tak) så ökar ljudtrycket med 3 dB eftersom den rymd som högtalaren strålar ut i bara är hälften av vad den skulle vara om ytan inte funnits. Man talar här om halvrymd eller 2π sr (steradianer). Om den står invid två ytor, tex på golv mot vägg (π sr) så fås 6 dB ökning och om den står i ett hörn, tex på golv mot två väggar ($\pi/2$ sr), så blir ökningen 9 dB.

Tillsammans kan dessa effekter ge ett lyft av maximalt 18 dB och därmed kraftigt förändra en högtalares egenskaper i ett lyssnarrum jämfört med beräknade eller uppmätta egenskaper i ett ekofritt, döddämpat rum, figur 2.

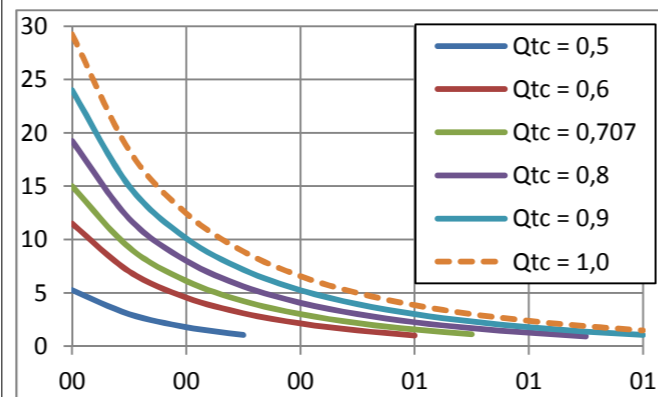
Figur 2 visar att det vid låga frekvenser, när *room gain* och utstrålning i π - eller $\pi/2$ rymd ger stort bidrag, är fördelaktigt att välja lågt Q_{tc} . Om vi bortser från *room gain* i figur 2, öppna dörrar, stora fönster, etc, så ser vi att i exemplet minskar f_3 från ca 60 Hz till 26-27 Hz enbart på grund av tre närliggande icke-absorberande ytor.



Figur 2. Frekvenskurvor för ett högtalarelement ($f_s = 20H$) i olika stora lådor. Till "basic curve" som motsvarar $Q_{tc} \approx 0,7-0,8$ har lagts tillskott från tre hårda närliggande ytor som ger maximalt 9dB och room gain som här har valts till 5 dB @ 20Hz med en minskning på 5 dB/oktav (ursprungligt diagram från Newell & Holland, Loudspeakers..., ISBN 0-2405-2014-9, och data från Colloms, High Performance Loudspeakers, ISBN 0-470-09430-3)

2. Nu överväger vi vilket högtalarelement vi skall välja genom att prova med olika element som har visst Q_{ts} , f_s och V_{AS} . Beräkna

$$\alpha = \left(\frac{Q_{ts}}{Q_t}\right)^2 - 1 = \frac{V_A}{V_B}$$



Figur 3. α som funktion av Q_{ts} och Q_{tc}

3. Beräkna lådvolumen. Stort α ger en liten låda.

$$V_B = \frac{V_A}{\alpha}$$

4. Beräkna systemets resonansfrekvens

$$f_B = \frac{Q_t}{Q_{ts}} f_s$$

Litet Q_t ger stor f_B . Det är alltså lämpligt att inte välja för litet värde på Q_t .

5. Beräkna den frekvens för vilken ljudtrycket sjunkit 3 dB.

$$f_3 = \left[\left(\frac{1}{2Q_t^2} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{2Q_t^2} - 1 \right)^2 + 1} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot f_B$$

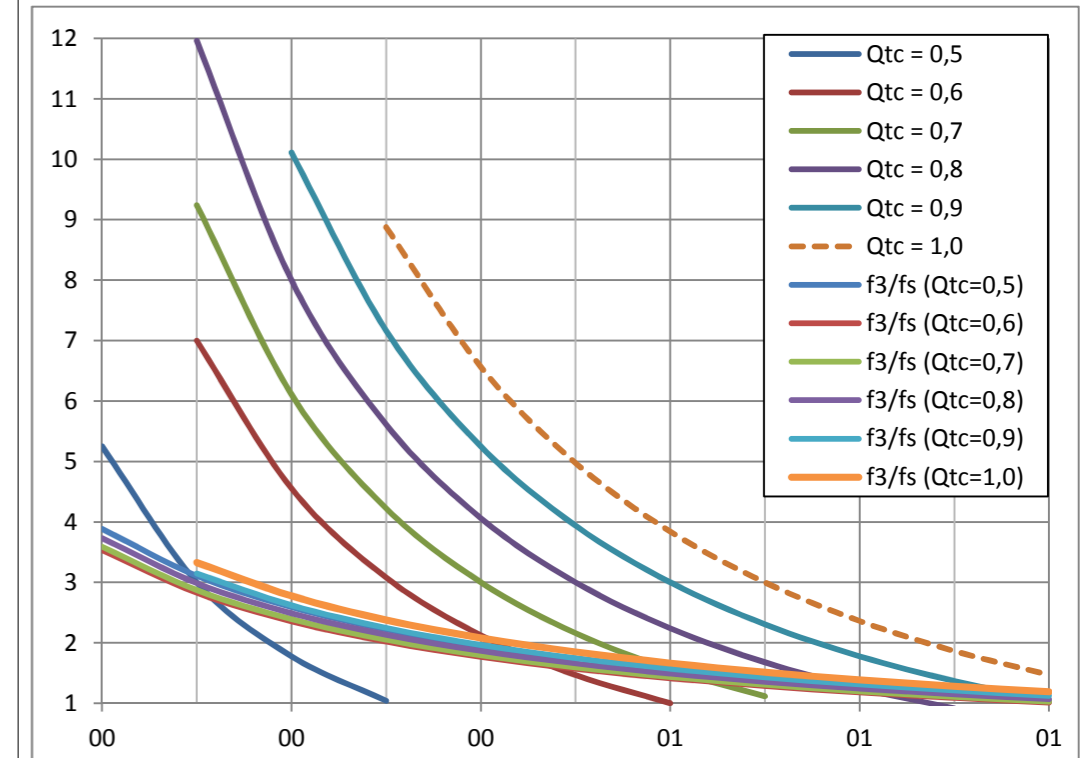
$$f_3 = f(Q_t) \cdot f_B = f(Q_t) \cdot \frac{Q_t}{Q_{ts}} f_s$$

En intressant storhet är $f(Q_t) \cdot Q_t$, med minimum för $Q_t \approx 0,7$. Rad fyra i tabellen.

Q_t	$f(Q_t)$	$f(Q_t) \cdot Q_t$
0,5	1,554	0,777
0,6	1,209	0,725
0,707	1	0,707
0,8	0,897	0,718
0,9	0,829	0,747
1	0,786	0,786
1,1	0,757	0,832
1,2	0,736	0,883

Figur 4. $f(Q_{tc})$ (blå linje) och $f(Q_{tc}) \cdot Q_{tc}$ (röd linje) som funktion av Q_{tc}

Det framgår tydligt av figur 4 att ett val av Q_{tc} i intervallet 0,6-0,8 ger lägst f_3 . Om vi väljer ett högtalarelement med Q_{ts} i intervallet 0,3-0,5 så fås en inte alltför stor låda (Q_{ts} närmare 0,3) och en god basåtergivning med låg f_3 (Q_{ts} närmare 0,5), figur 5.



Figur 5. $\alpha = V_{AS}/V_B$ och f_3/f_s (täta kurvskaran) som funktion av Q_{ts} och Q_{tc}

Kommentarer

Av figur 5 framgår att ett lämpligt högtalarelement för en sluten låda bör ha

- Q_t i intervallet 0,3-0,5
- f_s så låg som möjligt
- V_A bör inte vara alltför stor beroende på val av Q_{ts} . Liten Q_{ts} ställer mindre krav på liten V_A än om Q_{ts} är större, se figur 5.

Referenser: Small, Richard. H., *Closed-box Loudspeaker Systems Part I & II*, JAES Vol 20, no10, pp798-808, Dec 1972, & JAES Vol 21, no 1, pp11-18; Feb 1973; Newell & Holland, *Loudspeakers...*, ISBN 0-2405-2014-9; Colloms, *High Performance Loudspeakers*, ISBN 0-470-09430-3.

Beräkningsgång för sluten låda		
Utfärdare: Lars Holmdahl	ver: 1	Datum: 2011-09-18
Accepterad:		Datum: