

## Design af en Transmission Line fuldtone højttaler med Tang Band enheder

Dette design tilhører Bjørn Johannesen, Bredkær 11, [bjohannesen@post.cybercity.dk](mailto:bjohannesen@post.cybercity.dk), 2650 Hvidovre og er udviklet med simulering software, hvis rettigheder tilhører Martin J. King [www.quarter-wave.com](http://www.quarter-wave.com)

Brug til andet end egen, privat fornøjelse er ikke tilladt.

Enheden brugt i denne artikel er Tang Band W3-926S, som forhandles af [www.jumon-audio.dk](http://www.jumon-audio.dk)

Interessen opstod ud fra DIY projekter i HIFI4ALL.dk baseret på Long Tall konstruktionen, som er en foldet kvartbølge konstruktion med lige linje. Det vil sige det indvendige areal af linjen er uændret hele vejen.

### Long Tall konstruktionen

|   |                    |                                    |
|---|--------------------|------------------------------------|
| Fra enhed til den lukkede ende:           | 30,8 cm            | 12,0 "                             |
| Fra enhed til åbning, målt midt i linjen: | 51,0 cm            | 19,5 "                             |
| Total line:                               | 81,8 cm            |                                    |
| Linjens areal. 7,8 cm * 5 cm              | 39 cm <sup>2</sup> | 1,22 Sd (Sd = 32 cm <sup>2</sup> ) |

<http://www.blueplanetacoustic.de/pdf/169/W3-315%20Longtall-2%20.pdf>

### Tang Band enheden

3" fuld tone enhederne fra Tang Band har en meget høj Qts, det vil sige de er meget livlige omkring resonansfrekvensen, og frekvenskurven under resonansfrekvensen ruller blødt af. Da enhederne har en lav Vas (stift ophæng), er denne type enheder det foretrukne af mange kvartbølge konstruktører (transmission line). Der skal dog tages specielle hensyn til enhedens data (Thiele-Small parametre) ved konstruktionen. Generelt behøver en enheden med høj Qts (som Tang Band) relativt stor kabinet volumen, og kabinetets tuningsfrekvens kan med fordel sættes lavere end enhedens egenresonans (Fs).

T/S for Tang Band enheden:

( $F_d = F_s$ ,  $Q_{ts} = Q_{ts}$ ,  $V_{ad} = V_{as}$ )

|   |   |
|---|---|
| $f_d := 110 \cdot \text{Hz}$                        | $V_{ad} := 1.85 \cdot \text{liter}$                                 |
| $R_e := 6 \cdot \Omega$                             | $Q_{ed} := 0.56$  |
| $L_{vc} := 0.2 \cdot \text{mH}$                     | $Q_{md} := 5.18$  |
| $Bl := 3.56 \cdot \frac{\text{newton}}{\text{amp}}$ | $Q_{td} := \left( \frac{1}{Q_{ed}} + \frac{1}{Q_{md}} \right)^{-1}$ |
| $S_d := 32 \cdot \text{cm}^2$                       | $Q_{td} = 0.505$  |

## Tang Band i Long Tall konstruktionen

Kabinetts definition. Linjen delt i 2 for at simulere distribution af dæmpnings materiale. Den sidste del er ikke dæmpet.

### Geometry Definition

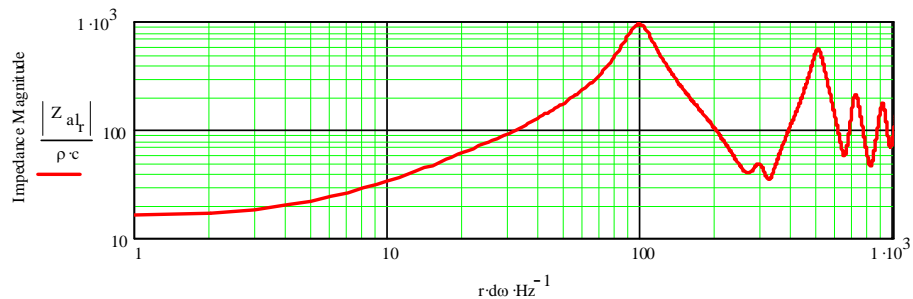
Closed End of Transmission Line (Driver ---> Closed End)

| Section Length                  | Initial Area                    | Final Area                      | Stuffing Density                                      |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| $L_{c_0} := 12 \cdot \text{in}$ | $S_{c_{0,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{c_{0,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{c_0} := 0.3 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |

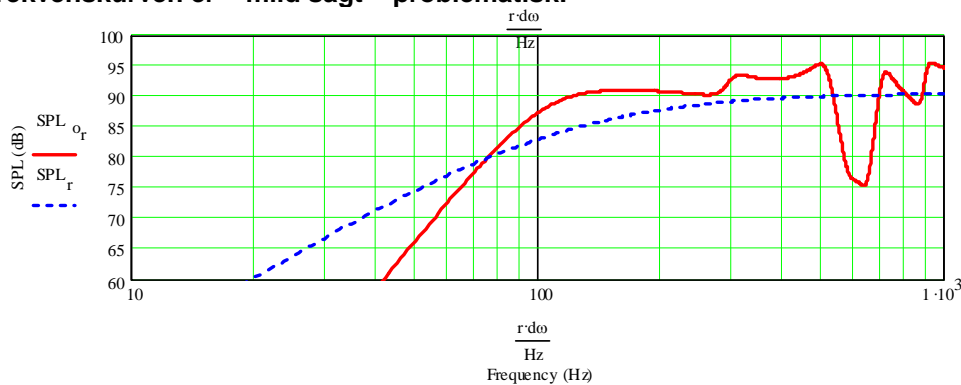
Open End of Transmission Line (Driver ---> Open End)

| Section Length                   | Initial Area                    | Final Area                      | Stuffing Density                                      |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| $L_{o_0} := 10 \cdot \text{in}$  | $S_{o_{0,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{o_{0,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{o_0} := 0.3 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |
| $L_{o_1} := 9.5 \cdot \text{in}$ | $S_{o_{1,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{o_{1,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{o_1} := 0.0 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |

Kabinetts tunings frekvens (acoustic impedance) er 100Hz:



### Frekvenskurven er – mild sagt – problematisk:



Den røde linje er samlet output (SPL) for enheden og åbningen. Den blå linje er IB (Infinite Baffle – uendelig baffel, svarende til den kurve producenterne opgiver).

Der er flere problemer, bassen i enheden udnyttes ikke optimalt, der er en hævnning i frekvensområdet mellem 300- 500 Hz, og en dyb dal omkring 600 Hz og ujævn frekvens derover.

Sidstnævnte skyldes output fra åbningen, som her er ude af fase med enheden, og derfor ”kvæler” lyden.

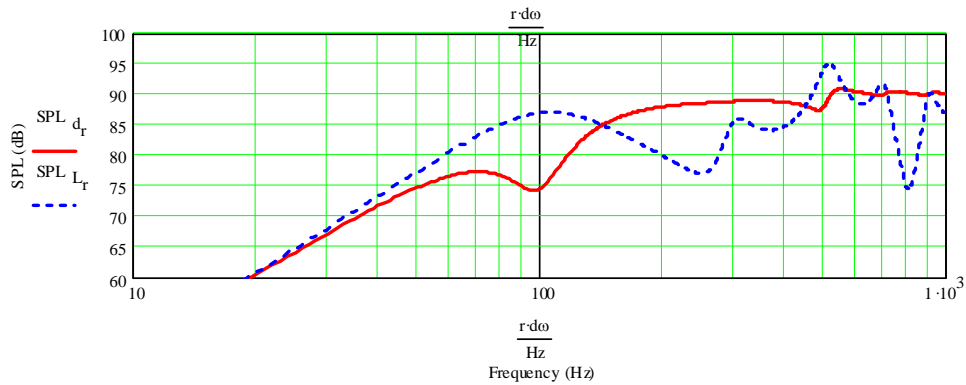
### Generelt omkring TL udfordringer

I en TL ønsker vi hjælp fra åbningen, hvor lyden er i fase med enheden, for at få en dybere bas, Alle andre udstrålinger (de såkaldte øvre harmoniske, er uønskede.). Disse dæmpes ved at placere enheden en tredjedel ned i linjen målt fra den lukke ende, putte dæmpningsmateriale i linjen (sidste halvdel eller tredjedel er normal uden dæmpningsmateriale) og anvende en passende udformning af kabinettet.

Kabinettet i en TL kan være lige (som Long Tall) eller med en linje som gradvis bliver smallere (tapered) eller er mass loaded (åbningen og/eller den sidste del af linjen har mindre areal).

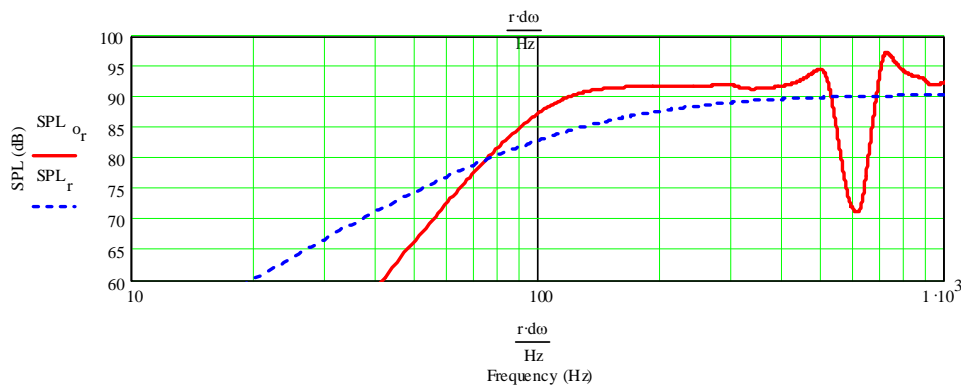
Når linjen er tapered eller mass loaded, giver dette modstand til enheden, og kabinettet får samtidigt en lavere tuningsfrekvens, selv om længden i øvrigt er uændret. Desuden tæmmes de uønskede øvre frekvenser fra åbningen.

Denne graf viser enhedens output (rød) og output fra åbningen (blå), og der er for meget lyd i de øvre frekvensområder i Long Tall designet med en 3" Tang Band højttaler:



## Fejl i Long Tall konstruktionen

Linjen er 81,8 cm. Ideelt skal enheden sidde en tredjedel ned i linjen. Afstanden fra enheden til den lukkede ende skal derfor være 27 cm, og ikke 30,8 cm. Se, dette lille trick glatter frekvenskurven, men vi har stadig dykket ved 600 Hz:



Vi sænker nu tunings frekvensen ved at gøre kabinettet længre:

### Geometry Definition

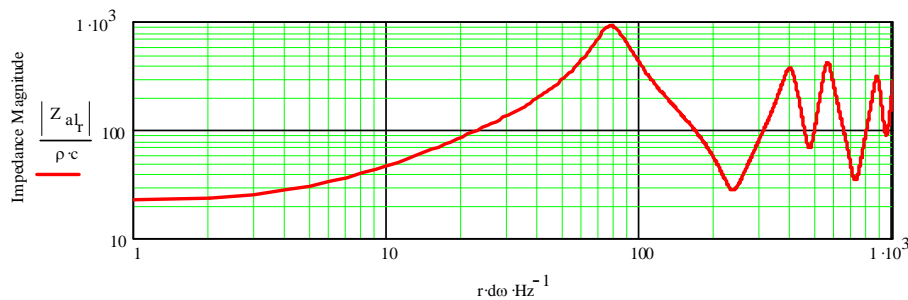
Closed End of Transmission Line (Driver ---> Closed End)

| Section Length               | Initial Area                    | Final Area                      | Stuffing Density                                 |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| $L_{c_0} := 13.5 \text{ in}$ | $S_{c_{0,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{c_{0,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{c_0} := 0.3 \text{ lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |

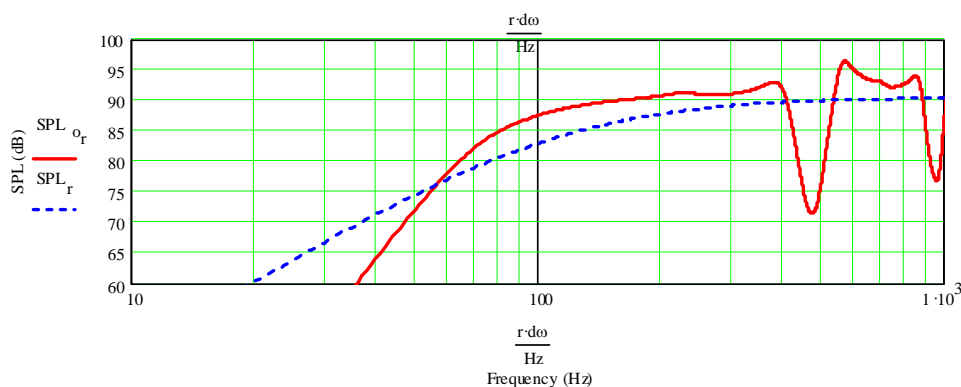
Open End of Transmission Line (Driver ---> Open End)

| Section Length             | Initial Area                    | Final Area                      | Stuffing Density                                 |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| $L_{o_0} := 14 \text{ in}$ | $S_{o_{0,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{o_{0,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{o_0} := 0.3 \text{ lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |
| $L_{o_1} := 13 \text{ in}$ | $S_{o_{1,0}} := 1.22 \cdot S_d$ | $S_{o_{1,1}} := 1.22 \cdot S_d$ | $D_{o_1} := 0.0 \text{ lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |

Kabinettets tuningsfrekvens er nu ca. 77 Hz:

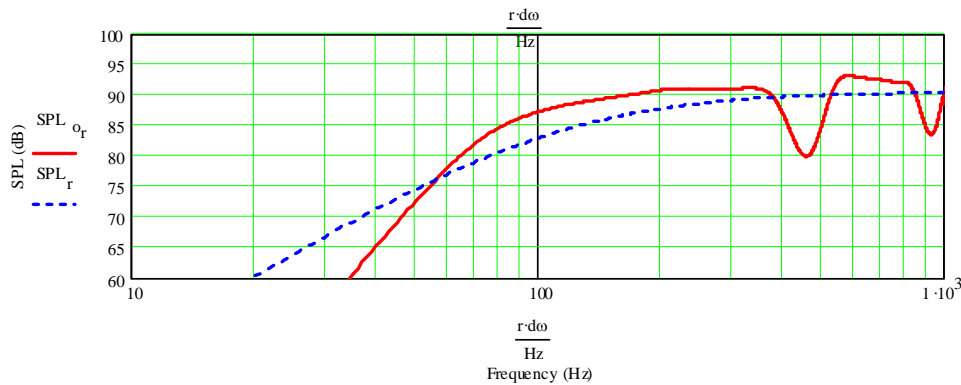


Denne lavere kabinet tuning (77 Hz, contra enhedens 110 Hz) giver mere bas, men frekvensområdet ellers er ikke godt:



Vi øger nu dæmpningen fra 0,3 lb/ft<sup>3</sup> (ca. 5 gram pr. liter, hvis jeg husker ret) til mere end det dobbelte. Samtidigt øger vi volumen ved at øge arealet af linjen fra 1.22 S<sub>d</sub> til 2 S<sub>d</sub>. Øget volumen giver mere bas, øget dæmpning giver bedre lyd – og mindre bas. Så dette er gjort for at kompensere.:

Dette har hjulpet på frekvensgangen, men helt godt er det stadig ikke:



## Bjørn Johannesens designforslag

Det var helt klart at denne enhed kunne tåle at blive hjulpet "aggressivt" i bassen med en kabinetresonans et stykke under enhedens  $F_s$ , men samtidigt giver denne enhed, på grund af den høje  $Q_{ts}$ , problemer med at få dæmpet de øvre, harmoniske svingninger.

Jeg har simuleret et utal af forskellige geometrier for kabinettet, og er kommet op med et meget lovende design.

Arealet er øget til  $4 S_d$  ( $128 \text{ cm}^2$ ). Linjen er 24" lang (63 cm) og afsluttes derudover med et mindre areal ved åbningen 5" lang (13 cm) og med et areal på  $16 \text{ cm}^2$ .

Hov, er dette ikke en basrefleks?

Nej, det er det ikke.

De elektriske egenskaber (impedanskurven) ligner meget et lukket kabinet. Enhedens membran bevægelser er meget vel dæmpet, ikke så meget som i et lukket kabinet, men betydeligt bedre end i et basrefleks kabinet, hvor membranen blaffer til ingen verdens nytte under tuningsfrekvensen.

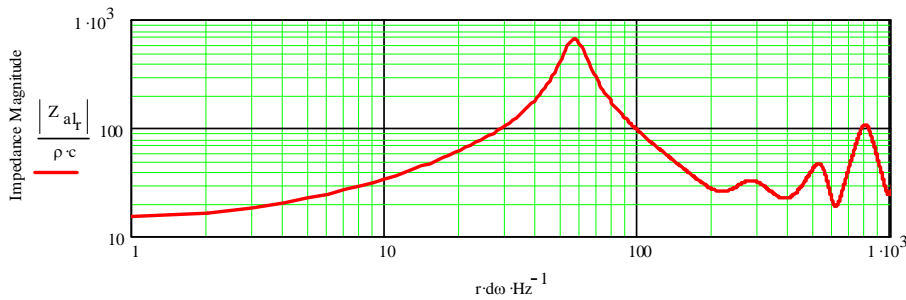
Enheden er placeret en tredjedel ned i linjen, mål fra den lukkede ende og til midten af højttaleren.

Dæmpningen er hård, 3 gange tættere end hvad jeg eller har anvendt i min TL sub konstruktioner. Der er kun dæmpning mellem enheden og den lukkede ende og 8" (21 cm) fra enheden mod den åbne ende. Den sidste del af linjen, med reduceret areal, er heller ikke dæmpet.

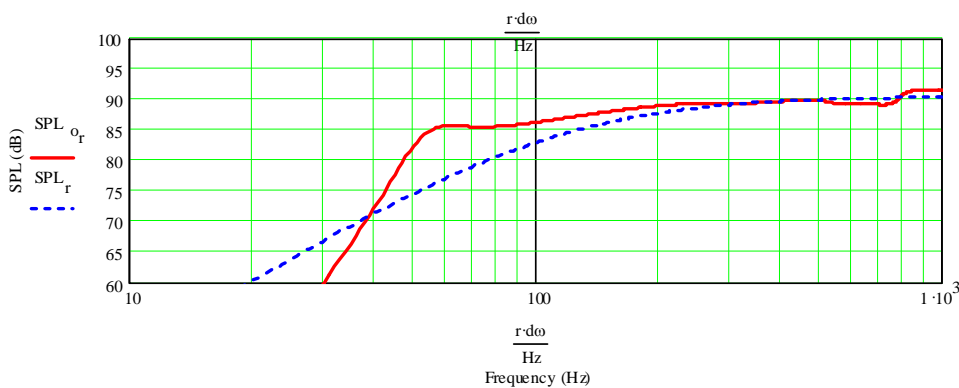
I Martin J. Kings MathCad simuleringsmodel ser kabinettet ud på følgende måde.

|                                 |                                |                                |   |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| Closed End of Transmission Line |                                | (Driver ---> Closed End)       |   |
| Section Length                  | Initial Area                   | Final Area                     | Stuffing Density                                      |
| $L_{c_0} := 8\text{-in}$        | $S_{c_{0,0}} := 4 \cdot S_d$   | $S_{c_{0,1}} := 4 \cdot S_d$   | $D_{c_0} := 0.9 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |
| Open End of Transmission Line   |                                | (Driver ---> Open End)         |   |
| Section Length                  | Initial Area                   | Final Area                     | Stuffing Density                                      |
| $L_{o_0} := 8\text{-in}$        | $S_{o_{0,0}} := 4 \cdot S_d$   | $S_{o_{0,1}} := 4 \cdot S_d$   | $D_{o_0} := 0.9 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |
| $L_{o_1} := 8\text{-in}$        | $S_{o_{1,0}} := 4 \cdot S_d$   | $S_{o_{1,1}} := 4 \cdot S_d$   | $D_{o_1} := 0.0 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |
| $L_{o_2} := 5\text{-in}$        | $S_{o_{2,0}} := 0.5 \cdot S_d$ | $S_{o_{2,1}} := 0.5 \cdot S_d$ | $D_{o_2} := 0.0 \cdot \text{lb} \cdot \text{ft}^{-3}$ |

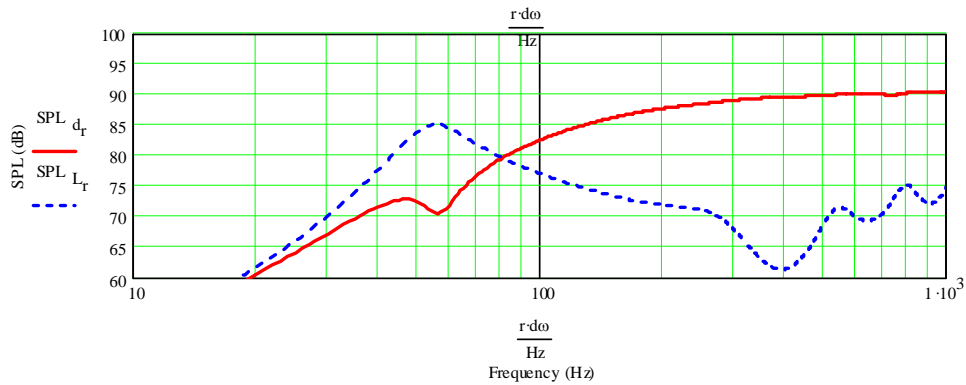
Kabinettets tuningsfrekvens er sat så lav som ca. 58 Hz:



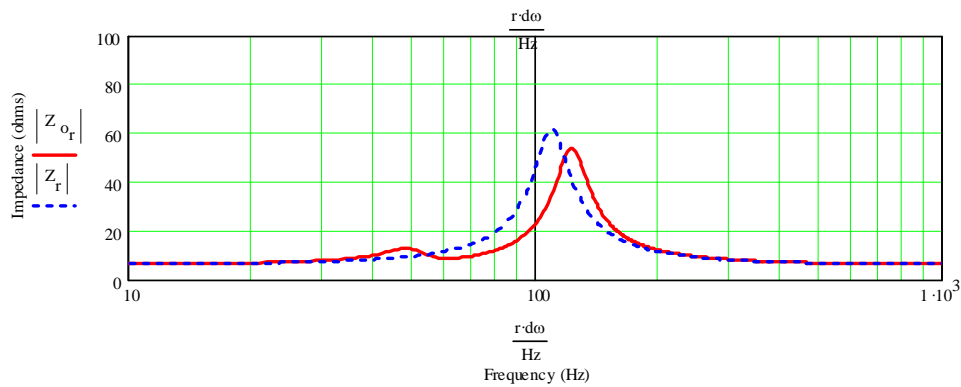
Frekvensgangen er imponerende for en enhed af denne størrelse, og der er ingen alvorlige problemer med frekvensgangen i øvrigt:



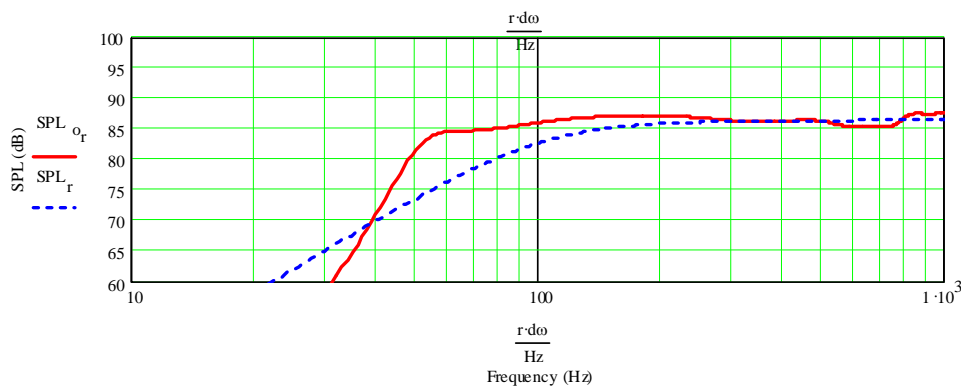
I den næste graf viser den blå linje viser output fra åbningen. Enheden får en kraftigt bidrag fra åbningen mellem 50 Hz og 60 Hz, og åbningens bidrag til mislyde højere oppe i frekvensområdet er kraftigt reduceret:



Impedanskurven ligner ikke en basrefleks, men nærmer sig egenskaberne for et lukket kabinet. Den blå linje er enhedens impedansforløb i IB:



Samme design, men med W3-315SC, viser at designet kan anvendes generelt til Tang Band 3" fuldtone enheder:

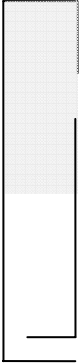




## Designet

Så længe længder og arealer (alle mål er interne mål, hvor der ikke er taget hensyn til materialets tykkelse) kan dette design gennemføres på mange forskellige måder.

Principielt ser designet ud som dette:



Som finpudsning kan man forsøge sig med filter til baffle step kompensering, der dæmper mellemtonen og diskanten. I en fuldtone konstruktion får dette frekvensområde hjælp fra kabinettets forside, på samme måde som bassen bliver kraftigere når kabinettet flyttes fra en placering midt på gulvet og op mod en væg.

Nødvendigheden af dette korrektionsfilter afhænger af kabinettets udformning og det aktuelle rum, hvor højttaleren er placeret. Bemærk dog af der i forvejen er et lille løfte i frekvensen i denne konstruktion (om end mindre udtalt med W3-315SC), men hvis højttaleren placeres i et hjørne og/eller på gulvet, giver dette et bidrag til basområdet.

Jeg vil muligvis studere dette nærmere ved en senere lejlighed.

Jeg ville også overveje et filter, som fjerner den dybeste bas for at skåne enheden. Helst et elektronisk filter (f.eks. at sætte højttaleren på small i et mindre surround system – 3" enheden er ikke til disco brug) eller en delefilet kondensator i serie med en af ledningerne til højttaleren.

God fornøjelse!

2. april 2006

Bjørn Johannesen

Bredkær 11

2650 Hvidovre