

**Mätning av högtalarelementets
Thiele/Small-parametrar**

Svante Granqvist
2008-10-21 11:23

Laboration i DT2420/DT242V

Högtalarkonstruktion

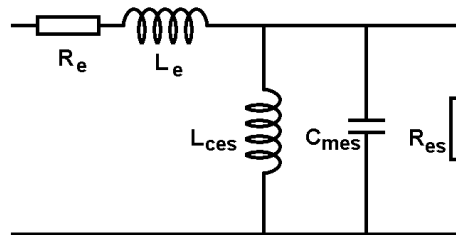
Mätning av högtalarementets Thiele/Small-parametrar

Mätning av högtalarelementets Thiele/Small-parametrar

Under denna mätning ska du ta reda på ett antal av de parametrar som används för att modellera en bashögtalares lågfrekvensgenskaper. Vi kommer i stora drag att följa metoden i d'Appolito kapitel 2. Läs gärna på det.

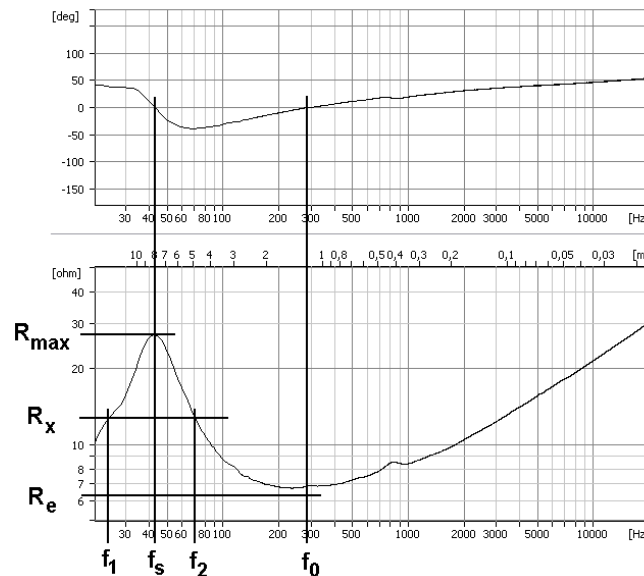
Högtalarens impedans

Ett högtalarelement har en elektrisk impedans som varierar med frekvensen. Man kan med hjälp av mekanisk-elektriska analogier visa att impedansen kan modelleras med kretsen i Figur 1.



Figur 1. Modell av elementets elektriska impedans. De tre komponenterna L_{ces} , C_{mes} och R_{es} är direkta avspeglingar av de mekaniska komponenterna C_{ms} , M_{ms} och R_{ms} och resonansen som bildas motsvarar den mekaniska resonansen f_s .

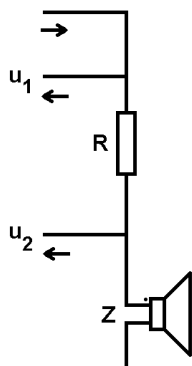
En mätning av ett verkligt högtalarelements impedanskurva kan se ut som i figur 2. Här ser man tydligt resonansen f_s vid drygt 40 Hz. Mot högre frekvenser ser man att impedansen stiger pga talspoleinduktansen, men samtidigt ser man att fasvinkeln aldrig når 90 grader som för en ren induktans. Detta är typiskt för högtalarelement och beror på att både talspolens resistans och induktans är frekvensberoende.



Figur 2. Uppmätt impedans för ett högtalarelement. De utmärkta värdena är särskilt viktiga för labben.

Mätning av högtalarelementets Thiele/Small-parametrar

Det faktum att de mekaniska komponenterna avspeglas så tydligt i den elektriska impedansen gör att vi faktiskt kan bestämma värden på de mekaniska parametrarna som tex konens massa utan att skära sönder elementet och väga konen. Det räcker med att mäta några strategiskt valda punkter på impedanskurvan.



Figur 3. Koppling för att mäta impedansen. Ljudkortet levererar en sinusformad spänning till kopplingen. Denna och spänningen över elementet levereras tillbaka till ljudkortet. Från de två spänningarna kan datorn räkna ut belopp och fasvinkel på högtalarelementets impedans.

I figur 3 syns hur elementets impedans kan mätas. Impedansen fås ur

$$Z = \frac{R}{\frac{u_1}{u_2} - 1}$$

Spänningarna u_1 och u_2 är komplexa tal, dvs de innehåller både amplitud och fasläge. Denna beräkning utförs av datorn av programmet "Imp".

Vi kommer under labben att bestämma värden på:

Parameter	Förklaring	Enhet
Sd	Ekvivalent kolvarea	kvadratmeter, m ²
Mms	Svängande massa, dvs kon, talspole, och medsvängande luft.	kilogram, kg
Cms	Fjädringsmjukhet i konupphängningen	meter per newton, m/N
Rms	Friktionsförluster i konupphängningen	newton per (meter per sekund), Ns/m
Qms	Q-värde vid resonans mellan Mms och Cms, resistiva förluster = Rms	Enhetslös
Qes	Q-värde vid resonans mellan Mms och Cms, resistiva förluster = Rme	Enhetslös
Qts	Q-värde vid resonans mellan Mms och Cms, resistiva förluster = Rms och Rme	Enhetslös
fs	Frekvens för resonans mellan Mms och Cms	hertz, Hz
Bl	Kraftfaktor	newton per ampere, N/A eller teslameter, Tm
Re	Elektrisk resistans i talspolen	ohm, Ω
Le	Elektrisk induktans i talspolen	henry, H

Ekvivalent kolvarea, S_d

Ekvivalenta kolvarean ("membranytan") beräknas som cirkelytan med diameter d uppmätt mitt i det rörliga området av kantupphängningen.

$$d = \text{_____ m}, \quad S_d = \pi d^2/4 \text{_____ m}^2$$

Resonansfrekvens f_s

Det omonterade elementet ansluts till ljudkortet via ett förkopplingsmotstånd, på 39 ohm. Datorn kommer att fungera både som tongenerator via programmet "tone" och och tvåkanalig voltmeter via programmet "Imp". Imp-programmet mäter spänningen över hela spänningsdelaren samt över högtalaren enbart. Ur dessa två spänningar kan impedansens belopp och fasvinkel beräknas och det ordnar programmet. Elementet ställs med membranet uppåt. Finn egenresonansens frekvens f_s , där impedansens belopp har ett maximum.

$$f_s = \text{_____ Hz} \quad R_{\max} = \text{_____ } \Omega$$

Talspoleresistansen R_e

Mät resistansen i högtalarspolen med en ohmmeter

$$R_e = \text{_____ } \Omega$$

Q-värden Q_{ms} , Q_{es} och Q_{ts}

Beräkna förhållandet mellan R_{\max} och R_e

$$r_0 = R_{\max}/R_e = \text{_____}$$

Mät bredden på impedanstoppens kring resonansfrekvensen f_s . Bredden mäts här halvvägs mellan R_e och R_{\max} , dvs vid $R_x = R_e \sqrt{r_0}$. Denna toppbredd är skild från det som brukar kallas bandbredd, men passar denna mätning. Leta reda på de frekvenser (f_1 och f_2) på varsin sida av f_s där impedansens belopp har sjunkit till R_x .

$$R_x = \text{_____ } \Omega, \quad f_1 = \text{_____ Hz}, \quad f_2 = \text{_____ Hz}$$

Ur de uppmätta värdena kan Q-värdena beräknas som

$$Q_{ms} = \frac{f_s \sqrt{r_0}}{(f_2 - f_1)} = \text{_____}, \quad Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{r_0 - 1} = \text{_____}, \quad Q_{ts} = \frac{Q_{ms}}{r_0} = \text{_____}$$

Svängande massa M_{ms}

Belasta membranet med en känd omagnetisk massa m_p i form av två enkronor á 7.0 gram och mät upp den nya lägre resonansfrekvensen f_L . Nivån måste vara så låg att kronorna inte hoppar. (Rolig uppgift: hur stor är konaccelerationen när de just börjar hoppa?). Beräkna elementets svängande massa, inklusive medsvängande luft som

Mätning av högtalarementets Thiele/Small-parametrar

$$f_L = \text{_____ Hz} \quad m_p = \text{_____ kg} \quad M_{ms} = \frac{m_p}{\left(\frac{f_s}{f_L}\right)^2 - 1} = \text{_____ kg}$$

Den fria kolvens hela medsvängande luft är densamma som ena sidans hos bafflad kolv. Kan uppskattas ur ändkorrektionsformeln som

$$m_L = d^3 \rho_0 / 3 = \text{_____ kg}$$

Denna massa kan adderas till M_{ms} för att räkna ut resonansfrekvensen i baffel, alternativt dras bort från M_{ms} för att få resonansfrekvensen i vakuum.

Upphängningens fjädring C_{ms}

$$C_{ms} = \frac{1}{M_{ms} \cdot \omega_s^2} = \text{_____ m/N} \quad (\omega_s = 2\pi \cdot f_s)$$

Upphängningens mekaniska resistans R_{ms}

$$R_{ms} = \frac{\omega_s \cdot M_{ms}}{Q_{ms}} = \text{_____ Ns/m}$$

Ekvivalent volym V_{as}

Upphängningens fjädring kan räknas om till en ekvivalent ljudvolym som har samma styvhet:

$$V_{as} = C_{ms} \cdot \rho_0 \cdot c^2 \cdot S_d^2 = \text{_____ m}^3$$

Kraffaktorn Bl

Elementets kraffaktor kan beräknas ur

$$Bl = \sqrt{\frac{\omega_s R_e M_{ms}}{Q_{es}}} = \text{_____ N/A}$$

Talspoleinduktans L_e

Att mäta talspoleinduktansen är vanskligt, eftersom den varierar med frekvensen. Vi gör det här egentligen mest för att visa hur det kan gå till och använder då metoden att hitta resonansen mellan C_{ms} och talspoleinduktansen. Denna resonans syns som ett brett minimum i impedansen ovanför f_s och där är impedansens fasvinkel noll.

$$f_0 = \text{_____ Hz}$$

Talspoleinduktansen (vid den frekvensen) kan uppskattas som

$$L_e = \frac{(Bl)^2}{\omega_0^2 M_{ms}} = \text{_____ H} \quad (\omega_0 = 2\pi \cdot f_0)$$

Mätning av högtalarementets Thiele/Small-parametrar

Sammanfattning:

Thiele/Small-parametrar för _____

Parameter	Värde	Enhet
Ekvivalent kolvarea S_d		
Resonansfrekvens (fri luft) f_s		
Talspoleresistans R_E		
Mekaniskt Q-värde Q_{ms}		
Elektriskt Q-värde Q_{es}		
Totalt Q-värde Q_{ts}		
Svängande massa M_{ms}		
Fjädringmjukhet C_{ms}		
Mekanisk resistans R_{ms}		
Ekvivalent volym V_{as}		
Kraftfaktor Bl		

Sign : _____