



## **Elektroakustika**

# **L08: Reproduktor v zatvorenej ozvučnici**

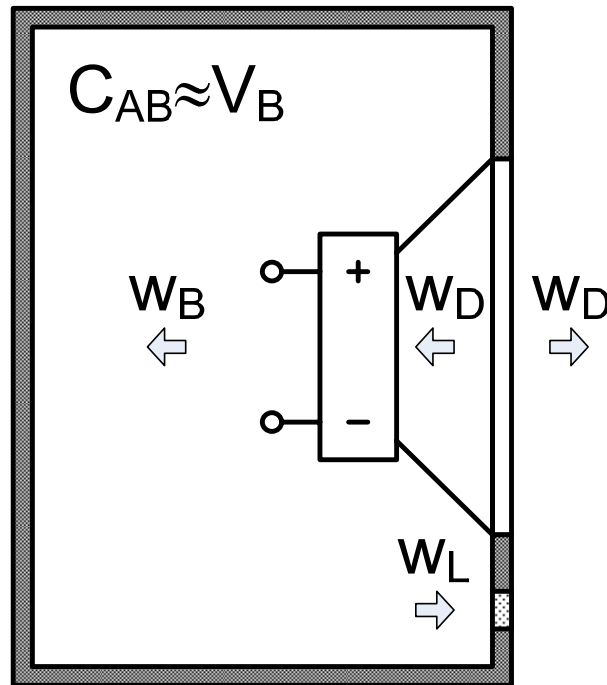
**doc. Ing. Jozef Juhár, PhD.**

**<http://voice.kemt.fei.tuke.sk>**

# Úloha ozvučnice

- Akustický skrat u „otvoreného“ priamovysielaajúceho reproduktora.
- Úloha ozvučnice:
  - posunutie akustického skratu smerom k nižším frekvenciám (mimo „užitočné“ frekvenčné pásmo)
  - úplné odstránenie akustického skratu
  - „spracovanie“ akustického skratu na prospech prenosovej funkcie reproduktora
- Typy ozvučníc
  - jednoduché ozvučnice (dosková, otvorená skriňová)
  - zatvorená ozvučnica
  - otvorená ozvučnica (basreflexová, typu „transmission line“)
  - špeciálne viackomorové ozvučnice a ozvučnice so zvukovodmi

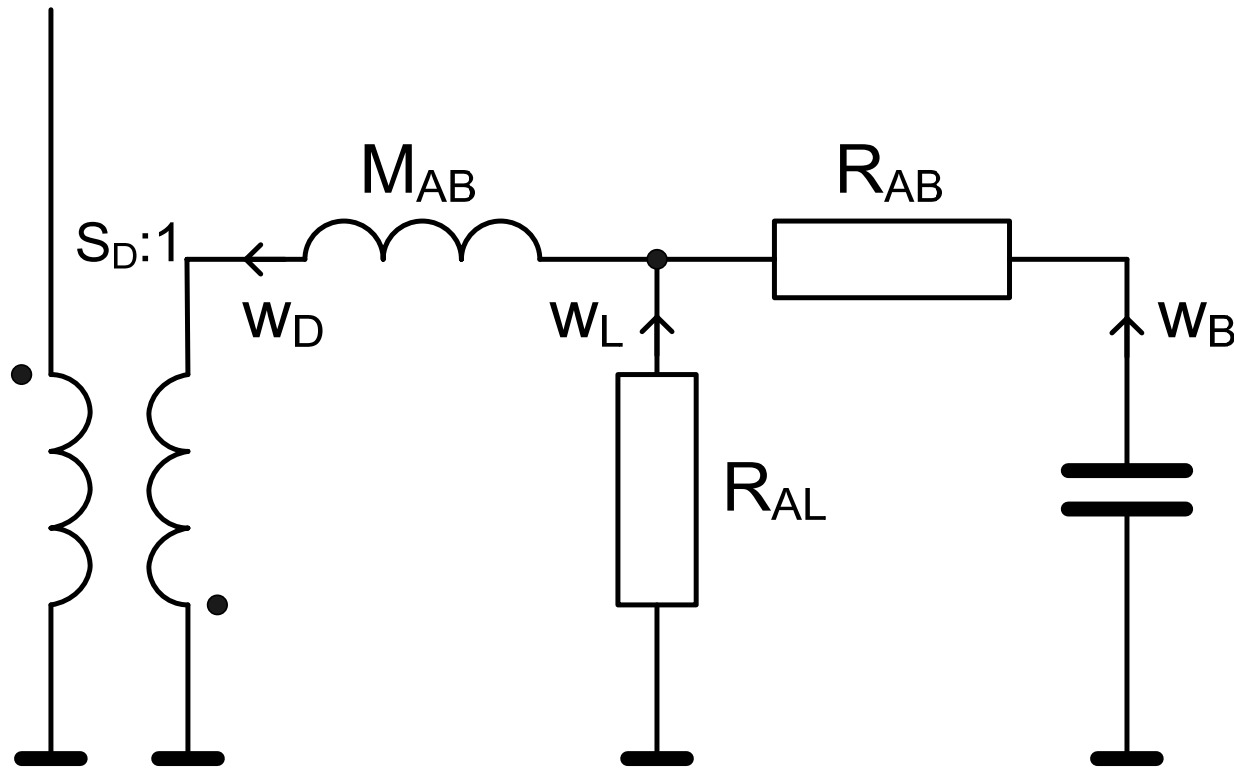
# Reproduktor v zatvorenej ozvučnici



- zatvorená ozvučnica je veľmi dobrou realizáciou nekonečnej ozvučnice – oddelenie akustických priestorov pred a za membránou
- objem ozvučnice predstavuje akustickú poddajnosť – akustický prvok, s vplyvom ktorého musíme pri realizácii ozvučnice počítať
- návrh ozvučnice = návrh skrinky konkrétneho objemu !!!



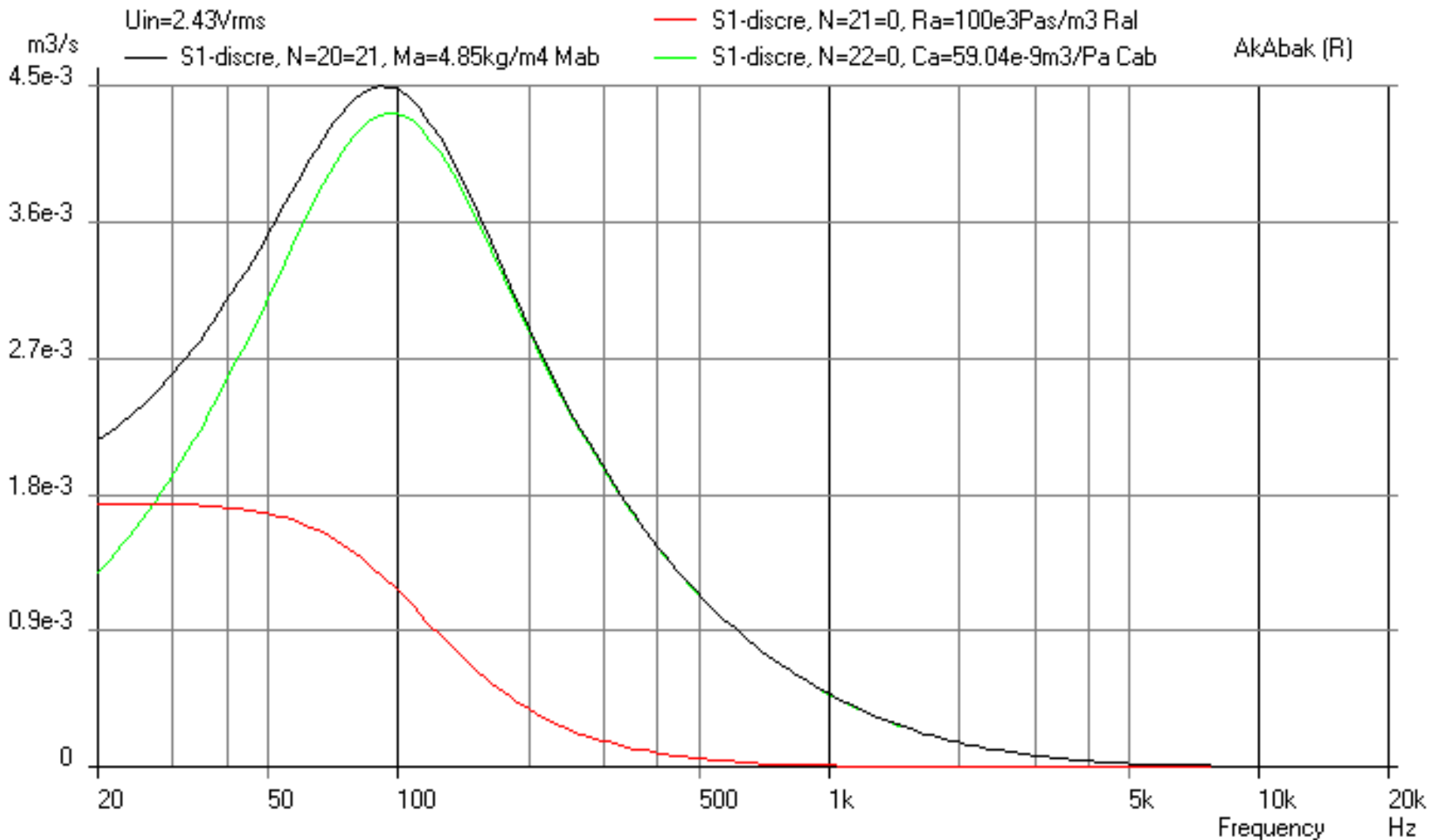
# Náhradná schéma ozvučnice - detail



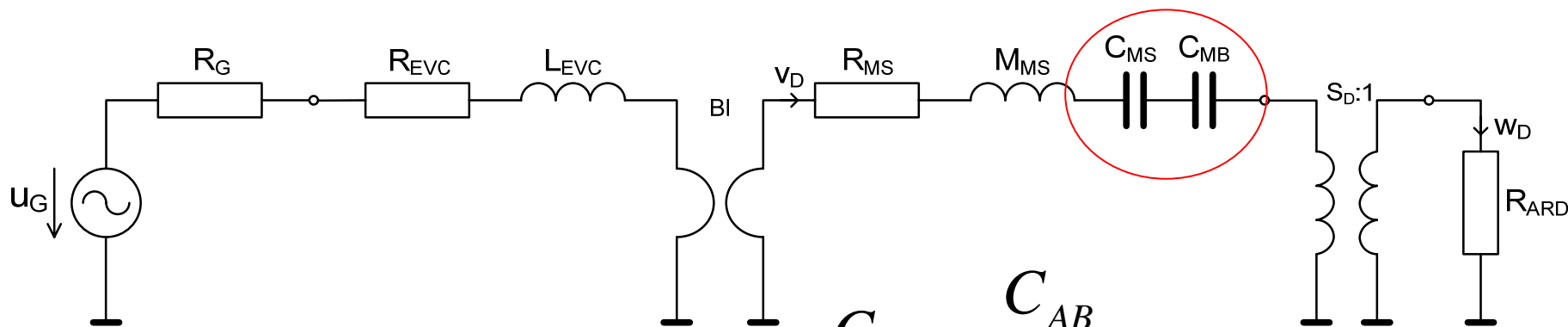
- $M_{AB}$  – akustická hmotnosť, ktorú si môžeme predstaviť ako „vysielaciu“ hmotnosť zadnej strany membrány (smerom do skrinky)
- $R_{AB}$  – akustický odpor, reprezentujúci straty v objeme ozvučnice
- $R_{AL}$  – akustický odpor, reprezentujúci „únikové“ straty (netesnosti skrinky)

# Objemové rychlosti v ozvučnici

13. Vol-Velocity of L08-09CB, Amplitude (Phase)



# Zjednodušená náhradná schéma sústavy



$$M_{ARD} \doteq M_{AB}$$

$$R_{AL} \rightarrow \infty$$

$$R_{AB} = 0$$

$$C_{MB} = \frac{C_{AB}}{S_D^2}$$

$$\frac{1}{C_{MC}} = \frac{1}{C_{MS}} + \frac{1}{C_{MB}}$$

- akustická poddajnosť, reprezentujúca objem zatvorenej ozvučnice, sa zobrazí na mechanickej strane ako mechanická poddajnosť, ktorá je zapojená do série so „systémovou“ poddajnosťou reproduktora
- reproduktor s ozvučnicou tvoria systémový „neoddeliteľný“ celok, ktorý sa v podstate správa ako reproduktor v nekonečnej ozvučnici so „zmenenou“ systémovou poddajnosťou – „tuhším“ kmitacím systémom

# Rezonančná frekvencia (CB)

zatvorená ozvučnica

nekonečná ozvučnica

$$f_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_{MS} \cdot C_{MC}}}$$

$$f_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_{MS} \cdot C_{MS}}}$$

$$\frac{f_C}{f_S} = \sqrt{\frac{C_{MS}}{C_{MC}}} = \sqrt{1 + \frac{C_{MS}}{C_{MB}}}$$

- zatvorenou ozvučnicou bude ovplyvnená rezonančná frekvencia sústavy



# Mechanický činitel' kvality (CB)

zatvorená ozvučnica

$$Q_{MC} = \frac{1}{R_{MS}} \sqrt{\frac{M_{MS}}{C_{MC}}}$$

nekonečná ozvučnica

$$Q_{MS} = \frac{1}{R_{MS}} \sqrt{\frac{M_{MS}}{C_{MS}}}$$

$$\frac{Q_{MC}}{Q_{MS}} = \sqrt{\frac{C_{MS}}{C_{MC}}} = \sqrt{1 + \frac{C_{MS}}{C_{MB}}}$$

- zatvorenou ozvučnicou bude ovplyvnený mechanický činitel' kvality sústavy

# Elektrický činitel' kvality (CB)

zatvorená ozvučnica

$$Q_{EC} = \frac{R_{EVC}}{(Bl)^2} \sqrt{\frac{M_{MS}}{C_{MC}}}$$

nekonečná ozvučnica

$$Q_{ES} = \frac{R_{EVC}}{(Bl)^2} \sqrt{\frac{M_{MS}}{C_{MS}}}$$

$$\frac{Q_{EC}}{Q_{ES}} = \sqrt{\frac{C_{MS}}{C_{MC}}} = \sqrt{1 + \frac{C_{MS}}{C_{MB}}}$$

- zatvorenou ozvučnicou bude ovplyvnený elektrický činitel' kvality sústavy

# Celkový činitel' kvality (CB)

zatvorená ozvučnica

$$\frac{1}{Q_{TC}} = \frac{1}{Q_{MC}} + \frac{1}{Q_{EC}}$$

nekonečná ozvučnica

$$\frac{1}{Q_{TS}} = \frac{1}{Q_{MS}} + \frac{1}{Q_{ES}}$$

$$\frac{Q_{TC}}{Q_{TS}} = \sqrt{\frac{C_{MS}}{C_{MC}}} = \sqrt{1 + \frac{C_{MS}}{C_{MB}}}$$

- zatvorenou ozvučnicou bude ovplyvnený celkový činitel' kvality sústavy

# Konštanta $\alpha$

$$\frac{f_C}{f_S} = \frac{Q_{EC}}{Q_{ES}} = \frac{Q_{MC}}{Q_{MS}} = \frac{Q_{TC}}{Q_{TS}} = \sqrt{1 + \frac{C_{MS}}{C_{MB}}}$$

$$C_{MS} = \frac{V_{AS}}{c_0^2 \rho_0 S_D^2}$$

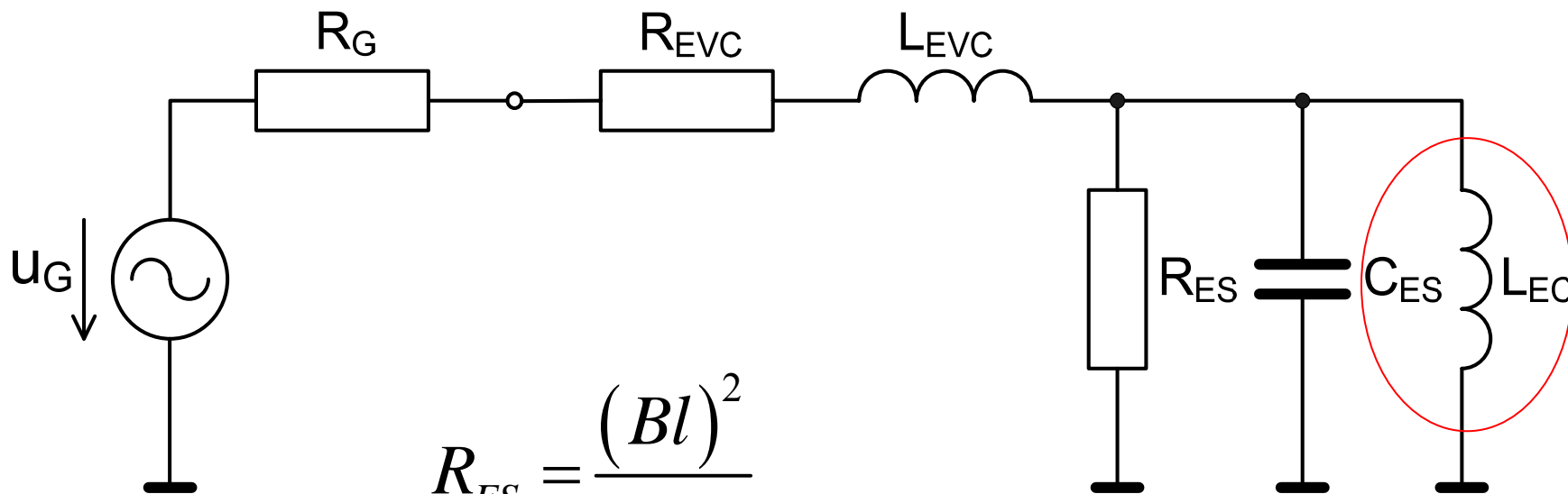
$$C_{MB} = \frac{V_{AB}}{c_0^2 \rho_0 S_D^2}$$

$$\frac{C_{MS}}{C_{MB}} = \alpha = \frac{V_{AS}}{V_{AB}}$$

$$\frac{f_C}{f_S} = \frac{Q_{EC}}{Q_{ES}} = \frac{Q_{MC}}{Q_{MS}} = \frac{Q_{TC}}{Q_{TS}} = \sqrt{1 + \alpha}$$

- pomer ekvivalentného objemu ku objemu ozvučnice – slúži na rýchly odhad potrebného objemu ozvučnice, resp. rýchly odhad vlastností sústavy pri zvolenom objeme ozvučnice

# Elektrická náhradná schéma sústavy (CB)



$$R_{ES} = \frac{(Bl)^2}{R_{MS}}$$

$$C_{ES} = \frac{M_{MS}}{(Bl)^2}$$

$$L_{EC} = (Bl)^2 C_{MC}$$

# Elektrická impedancia (CB)

Nekonečná ozvučnica:

$$Z_{E(IB)} = R_{EVC} + s L_{EVC} + \frac{(Bl)^2}{R_{MS}} \cdot \frac{s_N / Q_{MS}}{s_N^2 + s_N / Q_{MS} + 1}$$

Zatvorená ozvučnica:

$$Z_{E(CB)} = R_{EVC} + s \cdot L_{EVC} + \frac{(Bl)^2}{R_{MS}} \cdot \frac{s_N / Q_{MS}}{s_N^2 + s_N / Q_{MS} + (\alpha + 1)}$$

$$Z_{E(CB)} = R_{EVC} + sL_{EVC} + \frac{(Bl)^2}{R_{MS}} \cdot \frac{\frac{s_C}{Q_{MC}}}{s_C^2 + \frac{s_C}{Q_{MC}} + 1}$$

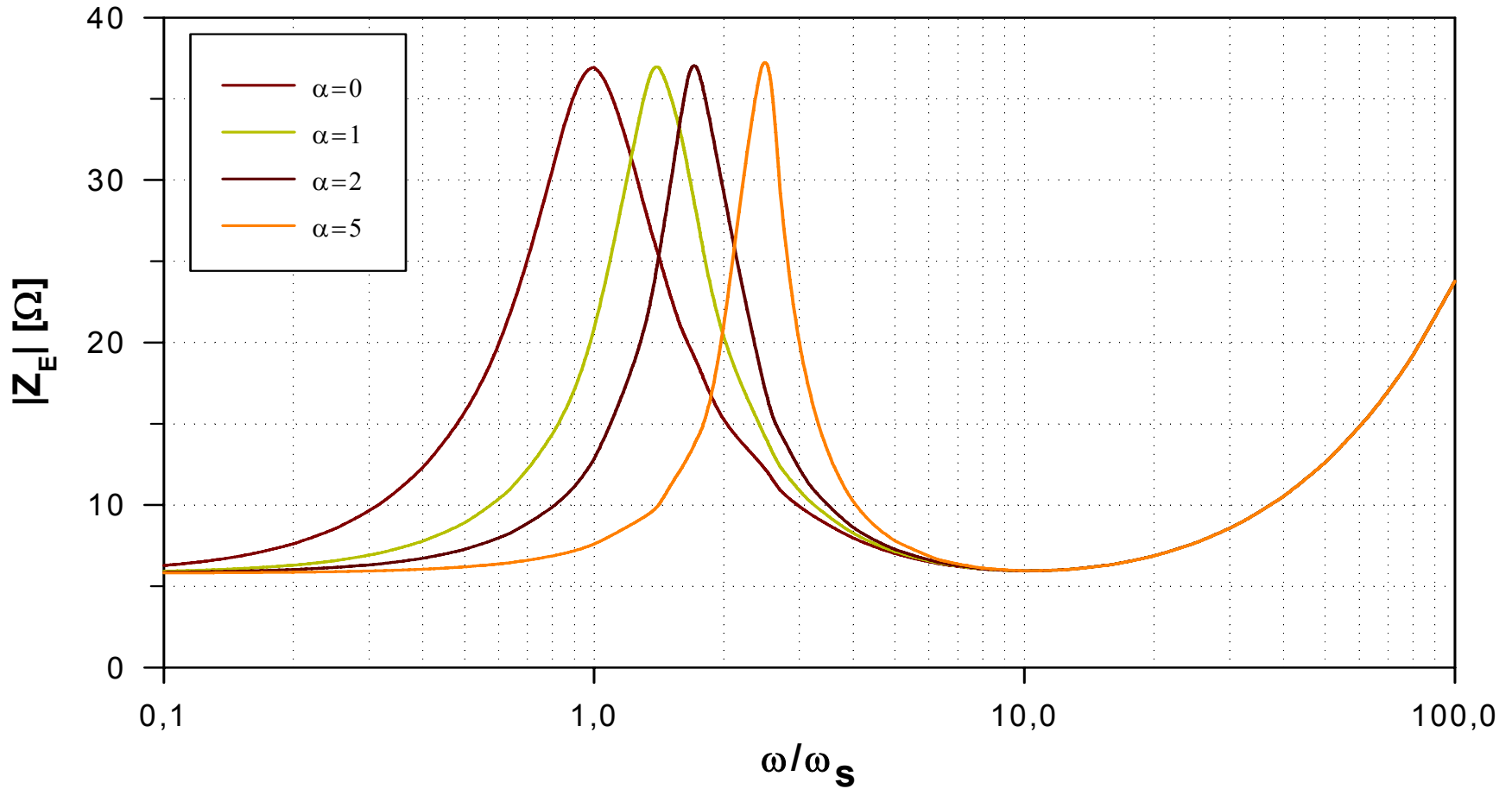
$$s_C = \frac{s}{\omega_C} = \frac{s}{\omega_S \sqrt{\alpha + 1}} = \frac{s_N}{\sqrt{\alpha + 1}}$$

$$Z_{E(CB)} = R_{EVC} + sL_{EVC} + \frac{(Bl)^2}{R_{MS}} \cdot \frac{\frac{s_N}{\sqrt{\alpha + 1}} \frac{1}{Q_{MS} \sqrt{\alpha + 1}}}{\left(\frac{s_N}{\sqrt{\alpha + 1}}\right)^2 + \frac{s_N}{\sqrt{\alpha + 1}} \frac{1}{Q_{MS} \sqrt{\alpha + 1}} + 1}$$

V porovnaní s nekonečnou ozvučnicou má impedančná krivka reproduktora v zatvorenej ozvučnici posunuté maximum smerom k vyšším frekvenciám

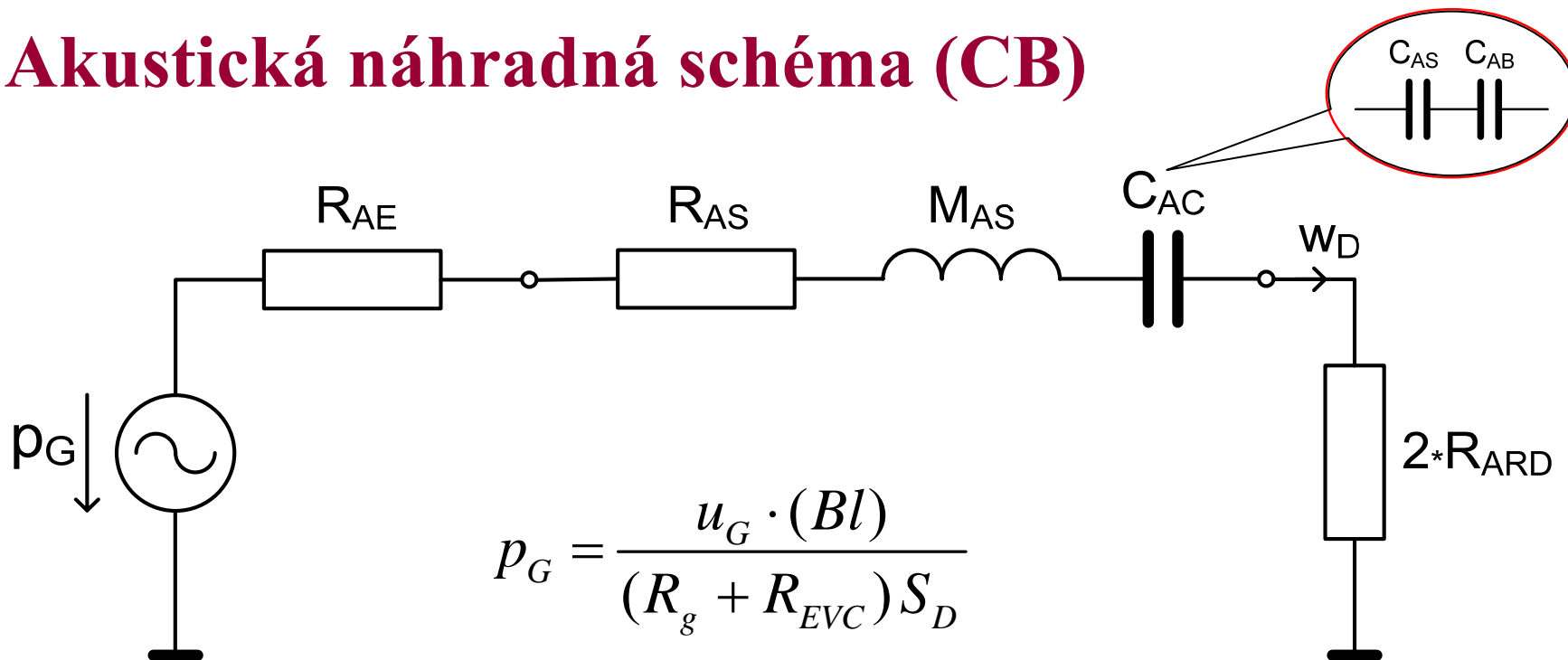
Mechanický činiteľ kvality reproduktora v zatvorenej ozvučnici je väčší, čo sa prejaví zmenšením šírky pásma rezonančnej krivky

# Elektrická impedancia (CB)





# Akustická náhradná schéma (CB)



$$p_G = \frac{u_G \cdot (Bl)}{(R_g + R_{EVC}) S_D}$$

$$R_{AE} = \frac{1}{(R_g + R_{EVC})} \cdot \frac{(Bl)^2}{S_D^2}$$

- vynechávame indukčnosť a vysielač odpór – zaujíma nás frekvenčné pásmo, v ktorom je ich vplyv zanedbateľný
- transformujeme všetky prvky do akustickej oblasti
- na výslednú schému aplikujeme Théveninovu poučku ("prúdový" zdroj sa zmení na "napätový")

# Akustický tlak v akustickom poli sústavy (CB)

$$p(s) = \frac{\rho_0}{2\pi r} s w_D(s) = p_m \cdot G(s)$$

$$p_m = \frac{\rho_0}{2\pi r} \cdot \frac{u_G \cdot (Bl) \cdot S_D}{(R_g + R_{EVC}) M_{MS}} \quad - \quad \text{amplitúda akustického tlaku}$$

$$G_{CB}(s) = \frac{s^2 M_{AS} C_{AC}}{s^2 M_{AS} C_{AC} + s C_{AC} R_{AT} + 1} \quad - \quad \text{prenosová funkcia sústavy}$$

# Akustický tlak a menovitá tlaková citlivosť (CB)

$$p_{m,CB} = \frac{\sqrt{P_E}}{r} \cdot \sigma_{p(CB)|1m,1W}$$

$$\sigma_{p,(CB)|1m,1W} = 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{f_S^3 \cdot V_{AS}}{Q_{ES}}} \quad [\text{PaW}^{-1/2}\text{m}]$$

$$\sigma_{p,(CB)|1m,1W} = \sigma_{p,(IB)|1m,1W}$$

- menovitá tlaková citlivosť reproduktora v zatvorenej ozvučnici je rovnaká, ako citlivosť reproduktora v nekonečnej ozvučnici !!!
- amplitúda akustického tlaku v akustickom poli sústavy CB bude teoreticky rovnaká, ako amplitúda akustického tlaku, generovaná reproduktorom v nekonečnej ozvučnici

# Prenosová funkcia sústavy (CB)

Reproduktor v zatvorenej ozvučnici:

$$G_{CB}(s) = \frac{s_C^2}{s_C^2 + s_C/Q_{TC} + 1}$$

$$s_C = \frac{s}{\omega_C} \quad - \quad \text{normovaný operátor}$$

Hornopriepustný filter:

$$G(s) = \frac{b_2 s^2}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}$$

$$b_2 = 1$$

$$a_2 = 1$$

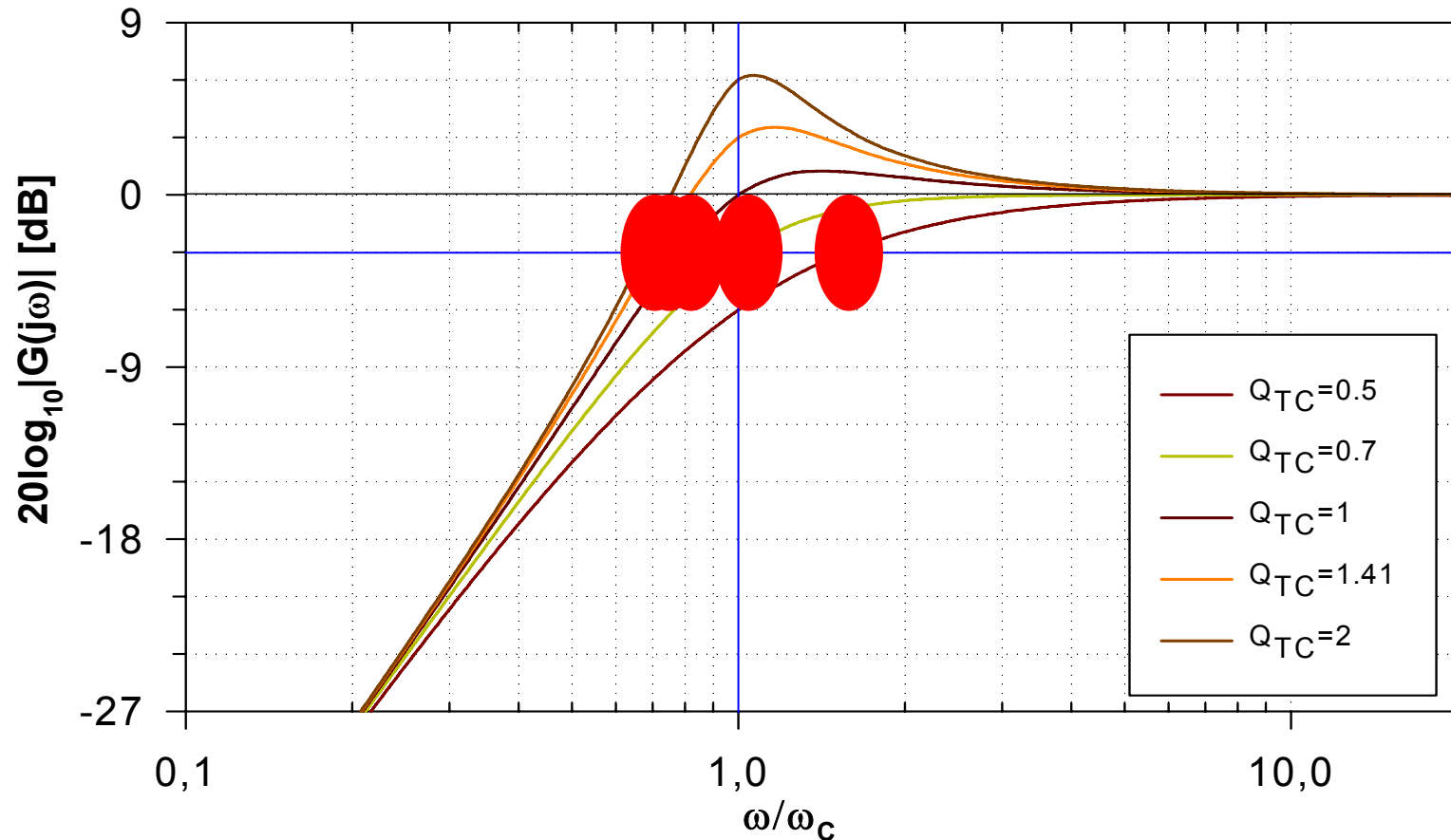
$$a_1 = \frac{1}{Q_{TC}}$$

$$a_0 = 1$$

- prenosová funkcia reproduktora v zatvorenej ozvučnici je funkciou hornopriepustného filtra druhého rádu, ktorá má dva „nastaviteľné“ parametre – charakteristickú frekvenciu  $\omega_C$  a činiteľ akosti  $Q_{TC}$
- na rozdiel od reproduktora v nekonečnej ozvučnici, u ktorého sú obdobné parametre ( $\omega_S$ ,  $Q_{TS}$ ) „nastavené“ výrobcom, je v tomto prípade **parameter  $Q_{TC}$  nastaviteľný vhodnou voľbou objemu ozvučnice (parametr  $\alpha$ )**

# Amplitúdová frekvenčná charakteristika 1 (CB)

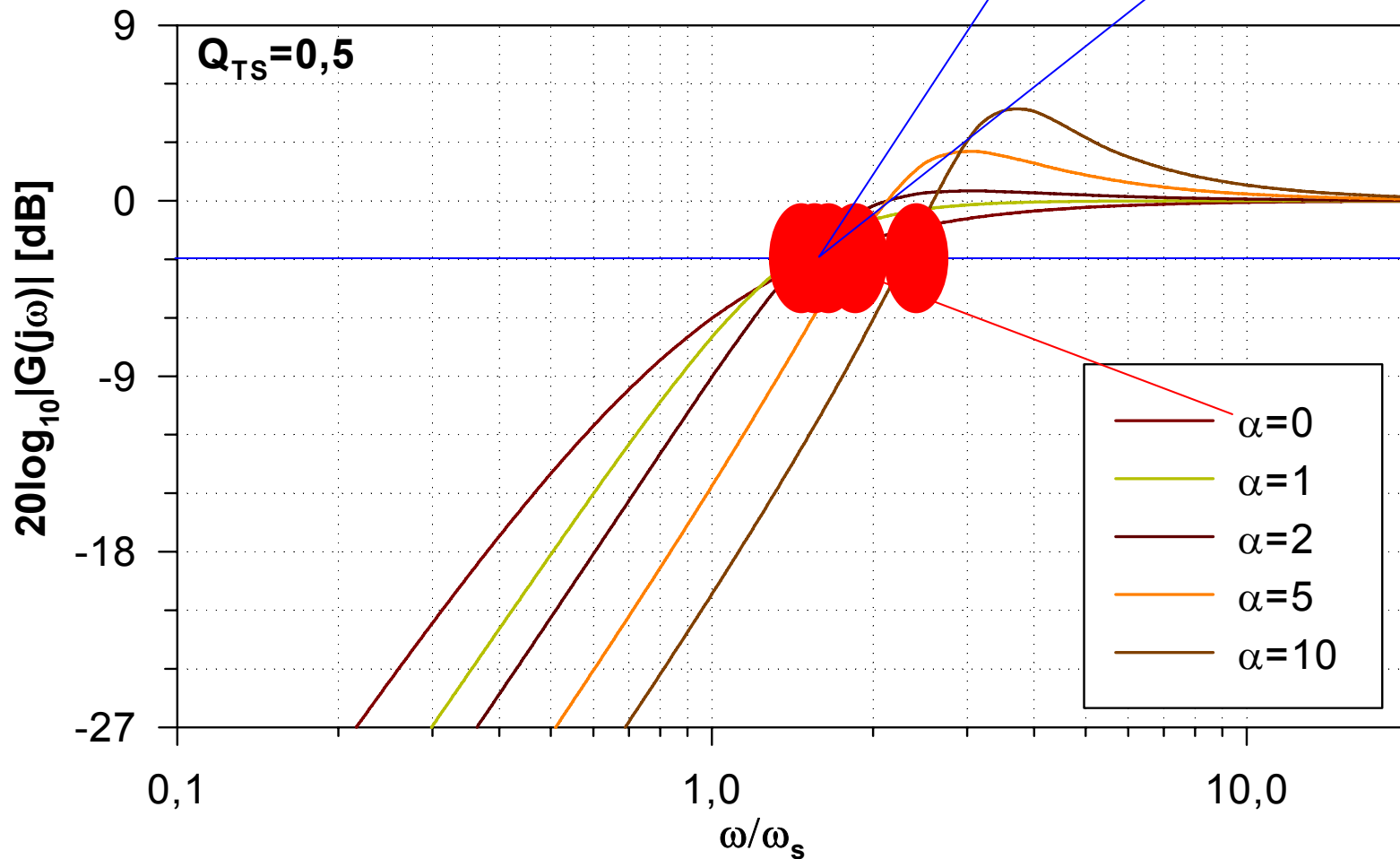
$$G_{CB}(s) = \frac{s_C^2}{s_C^2 + s_C/Q_{TC} + 1}$$



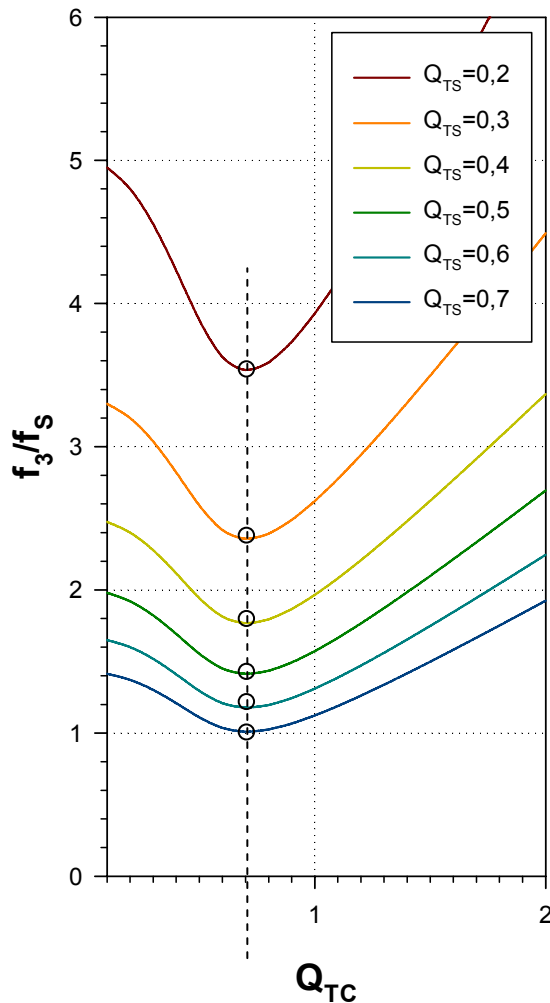
# Amplitúdová frekvenčná charakteristika 2 (CB)

$$G_{CB}(s) \Big|_{R_G=0} = \frac{s_N^2}{s_N^2 + s_N/Q_{TS} + \alpha + 1}$$

Medzná frekvencia reproduktora v zatvorenej ozvučnici môže byť vyššia alebo nižšia, než u samotného reproduktora (t.j. v nekonečnej ozvučnici). Dôležité je vedieť kedy!!!



# Ako závisí medzná frekvencia AFCH od $Q_{TC}$



$$f_{3(CB)} = f_s \frac{Q_{TC}}{Q_{TS}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2Q_{TC}^2} - 1 + \sqrt{\left(\frac{1}{2Q_{TC}^2} - 1\right)^2 + 1}}$$

$$\text{pre } Q_{TC} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow f_{3(CB),\min} = \frac{f_s}{\sqrt{2} \cdot Q_{TS}}$$

- reproduktor v zatvorenej ozvučnici má minimálnu (najnižšiu) medznú frekvenciu pri  $Q_{TC}=0.707$
- je to teoreticky najnižšia dosiahnuteľná medzná frekvencia pre reproduktor s danými hodnotami  $f_s$  a  $Q_{TS}$
- jej hodnotu vieme vypočítať podľa vyššie uvedeného vzťahu

# Príklad

- Uvažujeme reproduktor s nasledovnými parametrami:
  - $f_s=37\text{Hz}$
  - $Q_{TS}=0.32$
  - $V_{AS}=32\text{lit.}$
- Chceme navrhnúť zatvorenú ozvučnicu tak, aby sústava CB mala najväčšiu šírku pásma smerom k nízkym frekvenciám (t.j. najnižšiu medznú frekvenciu)

## Riešenie

Cieľový parameter :  $Q_{TC} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

1. Vypočítame  $\alpha$  :  $\alpha = \left(\frac{Q_{TC}}{Q_{TS}}\right)^2 - 1 = \left(\frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0.32}\right)^2 - 1 \doteq 3.88$

2. Vypočítame  $V_{AB}$  :  $V_{AB} = \frac{V_{AS}}{\alpha} = \frac{32}{3.88} \doteq 8.2 \quad [\text{lit}]$

3. Medzná frekvencia bude :  $f_{3(CB),\min} = \frac{f_s}{\sqrt{2} \cdot Q_{TS}} = \frac{37}{\sqrt{2} \cdot 0.32} = 81.8 \quad [\text{Hz}]$



# Menovitá účinnosť sústavy (CB)

$$\eta_{N(CB)} = \eta_{N(IB)} = 9,6 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{f_S^3 V_{AS}}{Q_{ES}}$$

Vidíme, že menovitá účinnosť reproduktora sa pridaním zatvorenej ozvučnice nezmení, tj. závisí iba od parametrov reproduktora a nie od parametrov ozvučnice.

Tento záver je však platný iba vtedy ak platí predpoklad ideálnej ozvučnice s dokonale pohltivými vnútornými stenami. V praxi sa steny ozvučnice obkladajú tlmiacim materiálom a vnútro ozvučnice sa plní pórovitým materiálom s nízkou hustotou, ktorého úlohou je zabrániť odrazom a vzniku stojateho vlnenia. Vhodnou voľbou reproduktora, objemu ozvučnice a tlmiaceho materiálu možno skutočnú účinnosť sústavy oproti menovitej zlepšiť až o 15%, nevhodnou voľbou však tiež mierne zhoršiť.

# Skutočná účinnosť sústavy (CB)

$$\eta_{N(CB)} = k_{\eta} f_{3(CB)}^3 V_B$$

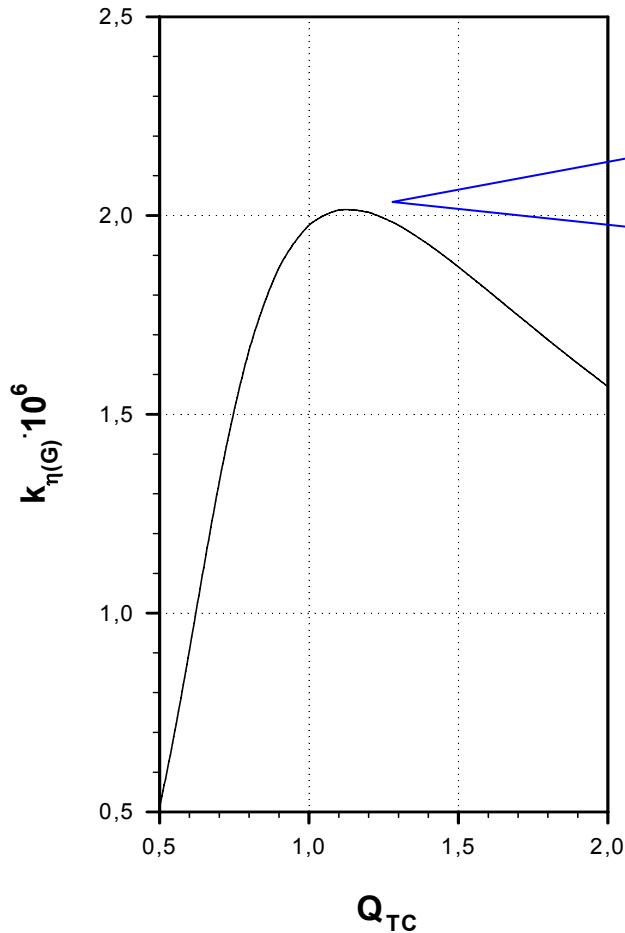
$k_{\eta}$  – koeficient účinnosti (efficiency factor)

$f_{3(CB)}$  – medzná (skutočná) frekvencia sústavy

$V_B$  – skutočný objem ozvučnice

Skutočný objem ozvučnice môže byť menší než vypočítaný, pretože pri vyplnení vnútra ozvučnice pórovitým materiálom sa v ozvučnici zväčší hustota prostredia, v ktorom sa šíri zvuková vlna, čím sa zmenší akustická poddajnosť, ktorú reprezentuje. Aby poddajnosť vrátila na pôvodnú hodnotu, je potrebné skutočný objem ozvučnice zmenšiť

# Koeficient účinnosti sústavy (CB)



Koeficient účinnosti sústavy CB závisí od celkového činiteľa akosti  $Q_{TC}$ . Nadobúda maximálnu hodnotu pre  $Q_{TC}=1,1$ . **Je to jedno z cieľových kritérií pri návrhu zatvorenej ozvučnice.**

$$Q_{TC} \doteq 1.1 \Rightarrow k_{\eta, \max} \doteq 2.0 \cdot 10^{-6}$$

# Príklad

- Uvažujeme reproduktor s nasledovnými parametrami:
  - $f_s=37\text{Hz}$
  - $Q_{TS}=0.32$
  - $V_{AS}=32\text{lit.}$
- Chceme navrhnúť zatvorenú ozvučnicu tak, aby sústava CB mala potenciálne najväčšiu účinnosť

## *Riešenie*

Cieľový parameter:  $Q_{TC} = 1.1$

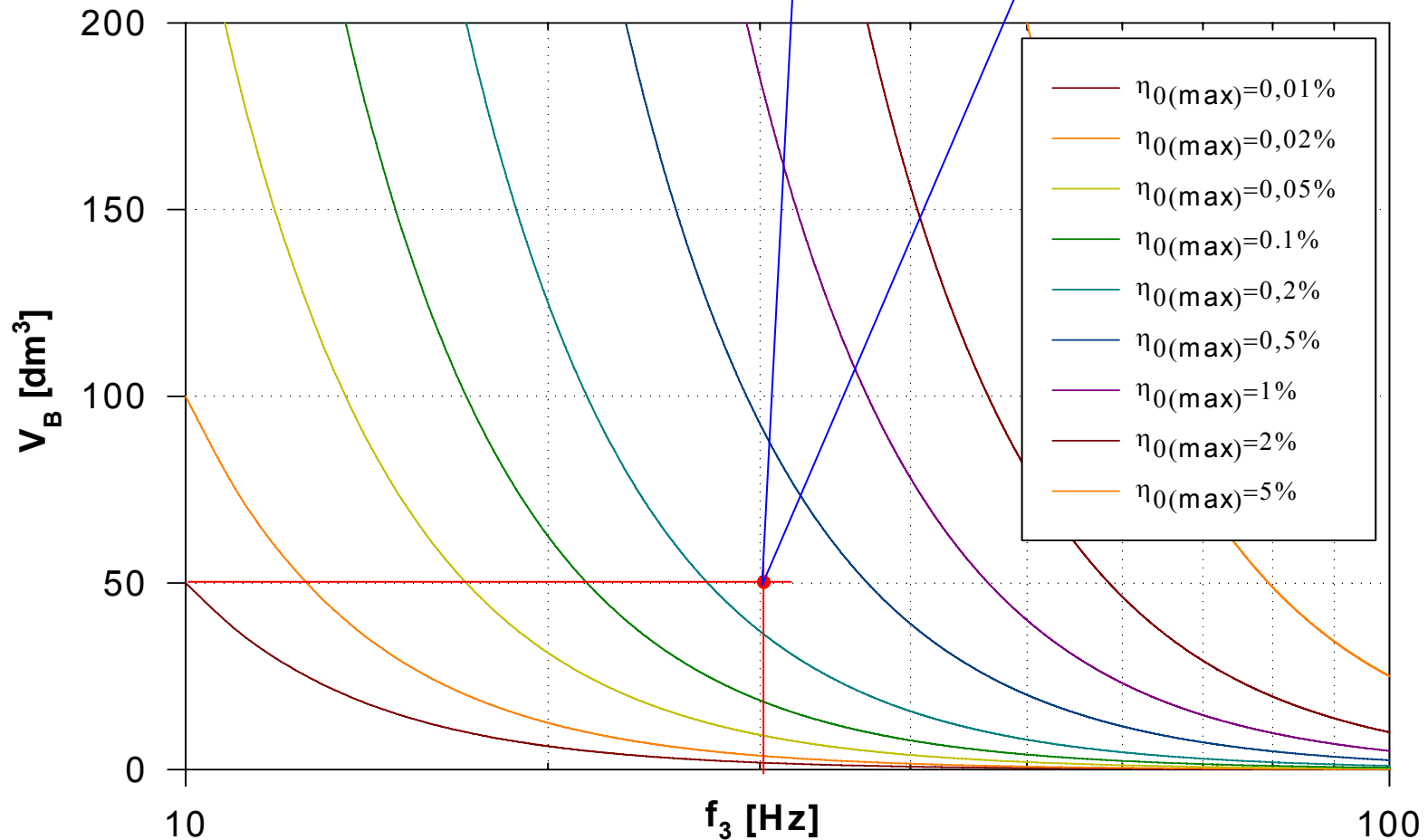
1. Vypočítame  $\alpha$ : 
$$\alpha = \left( \frac{Q_{TC}}{Q_{TS}} \right)^2 - 1 = \left( \frac{1.1}{0.32} \right)^2 - 1 \doteq 10.82$$

2. Vypočítame  $V_{AB}$ : 
$$V_{AB} = \frac{V_{AS}}{\alpha} = \frac{32}{10.82} \doteq 2.96 \quad [\text{lit}]$$

# Vzťah medzi maximálnou účinnosťou, šírkou pásma a objemom ozvučnice

$$\eta_{N,\max(CB)} = 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot f_{3(CB)}^3 \cdot V_B \quad [-; \text{Hz}, \text{m}^3]$$

Ak chceme realizovať sústavu CB s medznou frekvenciou max 30Hz a objemom maximálne 50dm<sup>3</sup>, nedosiahneme s ňou väčšiu účinnosť, ako cca 0.3%



# Maximálna účinnosť, šírka pásma a objem ozvučnice

- Obrázok (grafické závislosti) na predchádzajúcej snímke hovorí o fyzikálnych (technologických) medziach sústav CB v súvislosti s dosiahnuteľnou medznou frekvenciou a účinnosťou a potrebným objemom skrinky
- Napr.:
  - a. Ak chceme realizovať sústavu s medznou frekvenciou 30Hz a objemom ozvučnice 50lit., z grafu vyplýva, že maximálna dosiahnuteľná účinnosť je v rozmedzí 0,2% až 0,5%.
  - b. Ak chceme realizovať sústavu s účinnosťou minimálne 0.5% a medznou frekvenciou max. 40Hz, z grafu vyplýva, že bude potrebný minimálne objem ozvučnice okolo 40lit.

## Výchylka reproduktora (CB)

$$x_{D(CB)} = \sqrt{2P_E} \cdot \sigma_{x(CB)} \cdot X_{(CB)}(s)$$

Výchylková citlivosť reproduktora (CB):

$$\sigma_{x(CB)} = \frac{1}{\alpha + 1} \sigma_{x(IB)} = k_{x(CB)} \sigma_{x(IB)} \quad [\text{mW}^{-1/2}]$$

Výchylková funkcia reproduktora (CB):

$$X_{(CB)}(s) = \frac{1}{s_C^2 + s_C / Q_{TC} + 1} \quad s_C = \frac{s}{\omega_C}$$

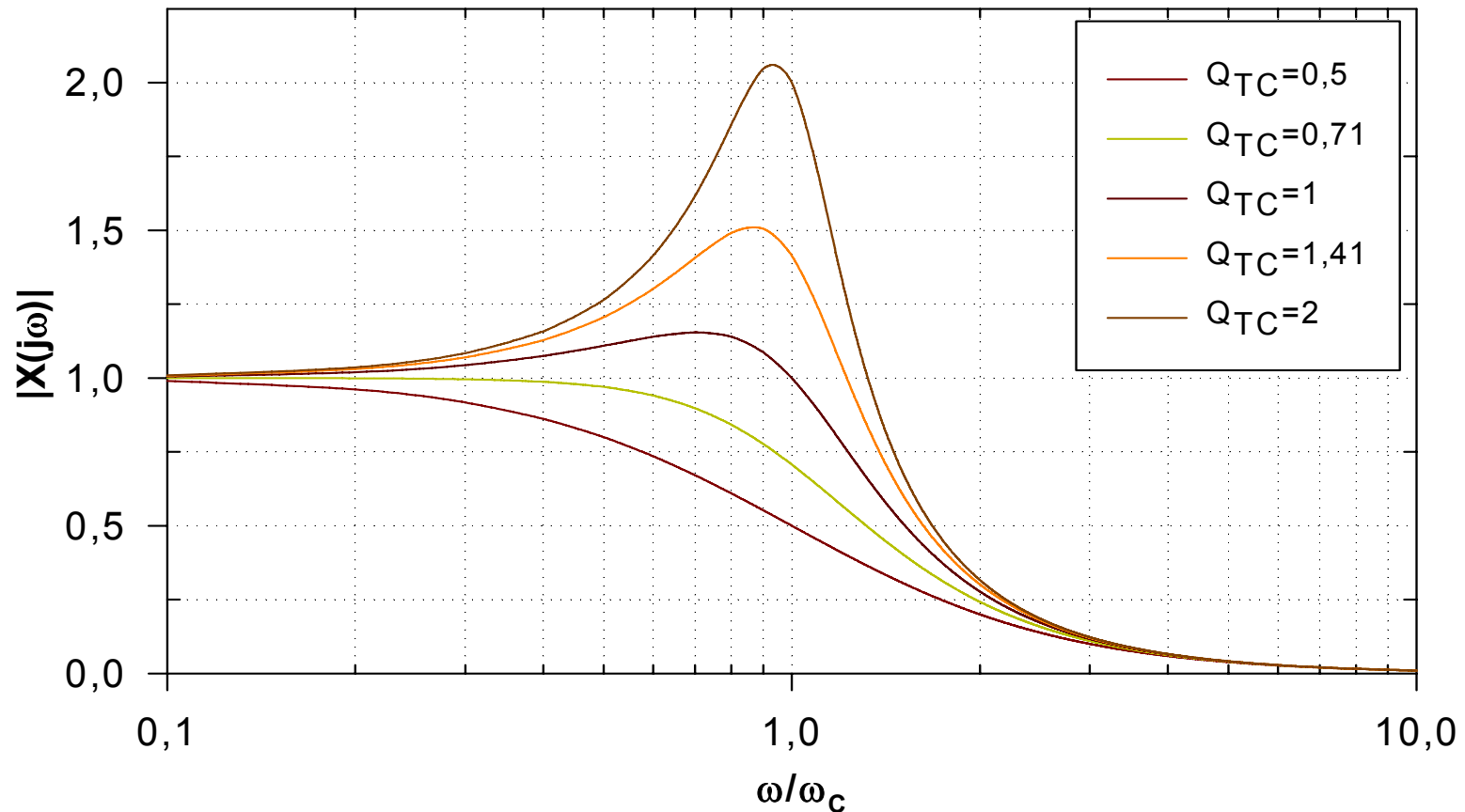
# Výchylka reproduktora

- výchylka reproduktora v zatvorenej ozvučnici závisí od frekvencie podobne, ako reproduktor v nekonečnej ozvučnici
- amplitúda výchylky je  $(\alpha+1)$  krát menšia, než u reproduktora v nekonečnej ozvučnici
- je to vďaka akustickej poddajnosti ozvučnice, ktorá znižuje celkovú poddajnosť sústavy – reproduktor sa stáva „tuhším“
- dôsledkom zmenšenia výchylky reproduktora je menšie nelineárne skreslenie pri maximálnom výkone
- poddajnosť ozvučnice taktiež chráni reproduktor pred poškodením



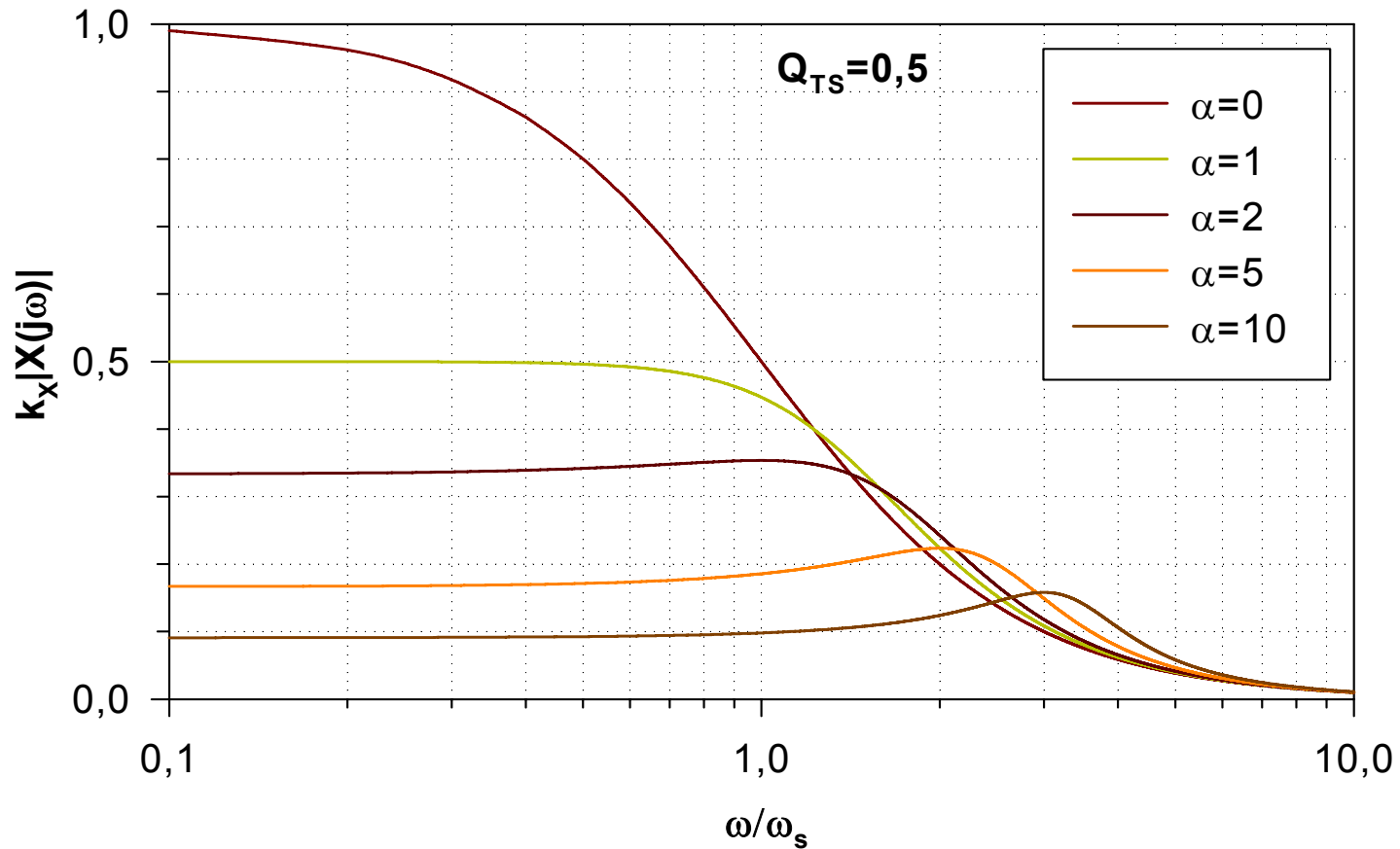
# Frekvenčná charakteristika výchylky reproduktora v zatvorenej ozvučnici 1

$$X_{(CB)}(s) = \frac{1}{s_C^2 + s_C/Q_{TC} + 1} \Rightarrow \left| X_{(CB)}(j\Omega_C) \right| = \frac{1}{\sqrt{(\Omega_C^2 - 1)^2 + \Omega_C^2/Q_{TC}^2}}$$



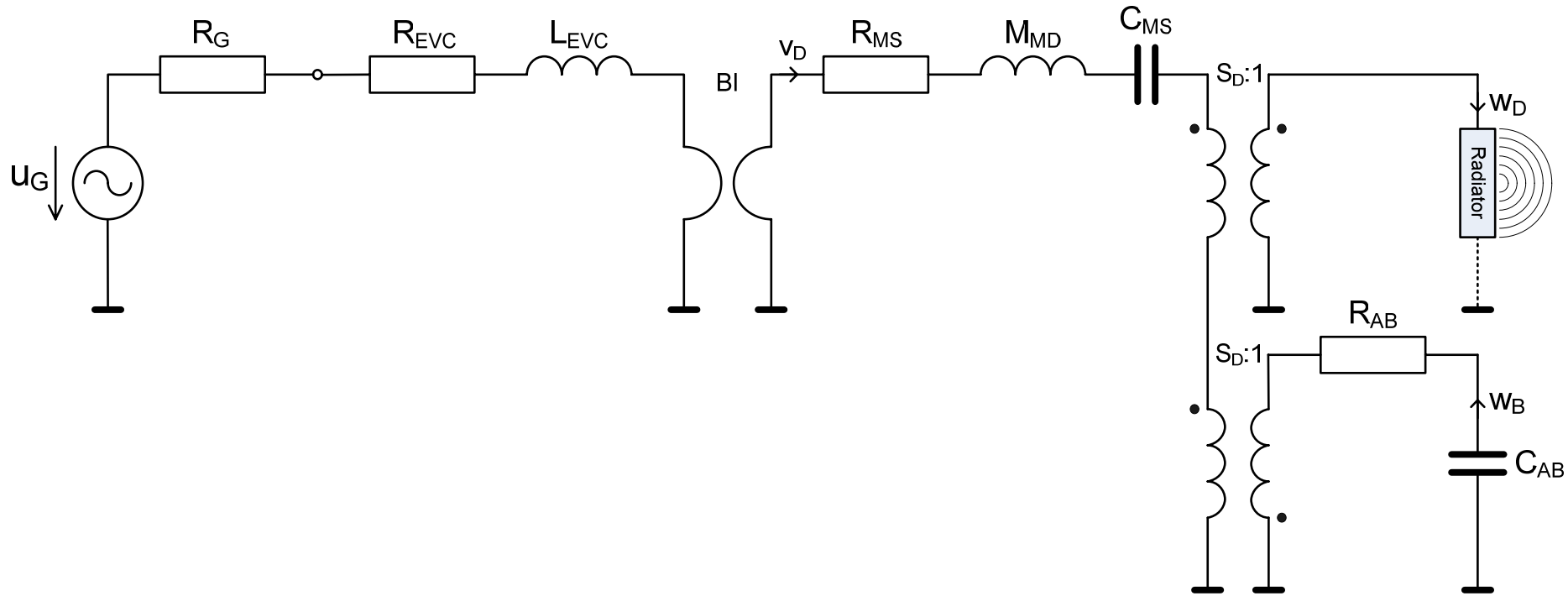
# Frekvenčná charakteristika výchylky reproduktora v zatvorenej ozvučnici 2

$$k_{x(CB)} = \frac{1}{\alpha + 1} \quad \left| X_{(CB)}(j\Omega) \right| = \frac{\alpha + 1}{\sqrt{(\Omega_s^2 - \alpha - 1)^2 + \Omega_s^2 / Q_{TS}^2}}$$



# Reproduktor v zatvorenej ozvučnici

## Kombinovaná náhradná schéma s prvkom „Radiator“



# Skript

| Seas Prestige ER18RNX

| Revc=5.9Ohms; Levc=0.67mH; Bl=7.2N/A; Mmd=14g;

| Mmrd=0.92g; Rms=2.2Ns/m; Cms=1.3mm/N;

| Fs=37Hz; Qts=0.32; Qms=1.58; Qes=0.39; Sd=136cm<sup>2</sup>;

| Vas=32lit.; ymax=6mm; sens=88.5dB; Pe(lt)=80W

Def\_Const

{roh=1.18; c0=344; Sd=0.0136; Rd=sqrt(Sd/pi);

Mard=(roh\*8\*Rd)/(3\*pi\*Sd);

Vas=0.032; Qts=0.32; Qtc=1.1; alfa=sqr(Qtc/Qts)-1;

Vab=Vas/alfa; Cab=Vab/(roh\*c0<sup>2</sup>);

}

System 'S2-Radiator' |Radiator na prednej strane membrany

Resistor 'Rg' Node=1=2 R=0.001ohm

Resistor 'Revc' Node=2=3 R=5.9ohm

Coil 'Levc' Node=3=4 L=0.67mH

Gyrator 'Gy1' Node=4=0=5=0 Bl=7.2Tm

MechResistance 'Rms' Node=5=6 Rm=2.2Ns/m

MechMass 'Mmd' Node=6=7 Mm=14g

MechCompliance 'Cms' Node=7=8 Cm=1.3e-3m/N

Coupler 'front' Node=8=9=10

SD={Sd} |Piston

Radiator 'Rad1' Def='front' Node=10

x=0 y=0 z=0 HAngle=0 VAngle=0

Coupler 'back' Node=9=0=0=20

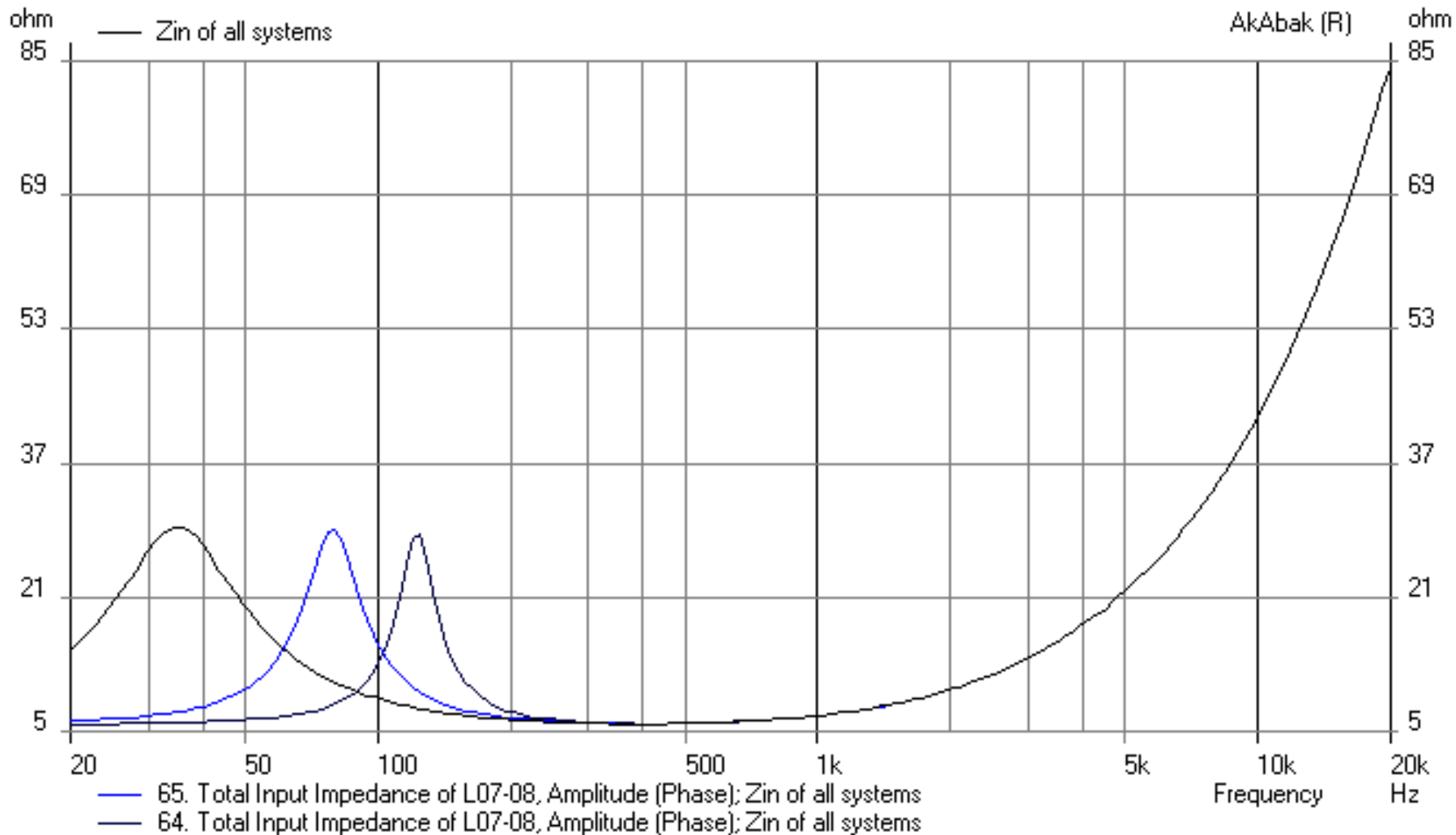
SD={Sd} |Piston

AcouMass 'Mab' Node=20=21 Ma={Mard}

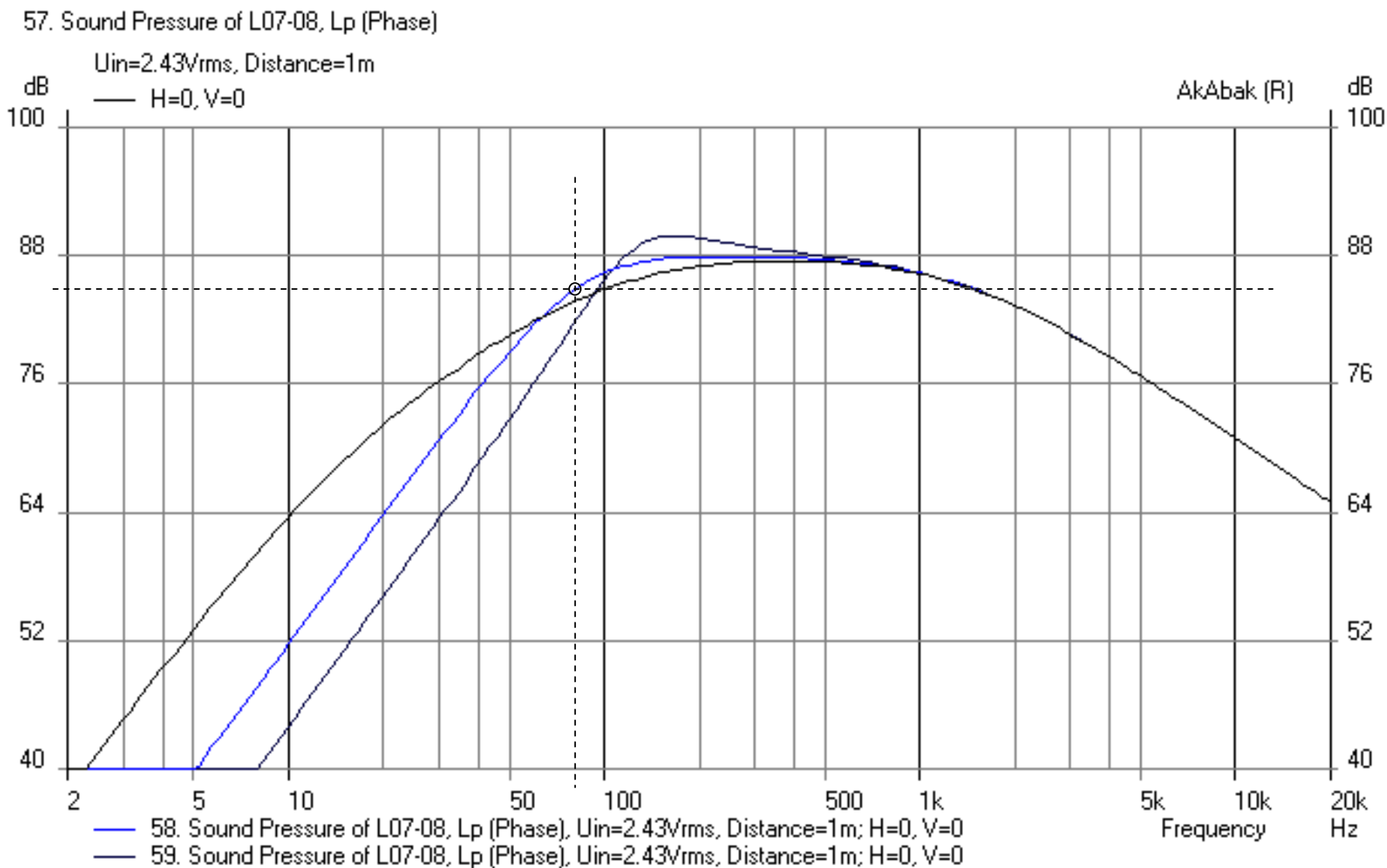
AcouCompliance 'Cab' Node=21=0 Ca={Cab}

# Vplyv objemu skrinky na vstupnú impedanciu (piestová membrána, $Q_{TC}=Q_{TS}$ ; 0.707; 1.1)

66. Total Input Impedance of L07-08, Amplitude (Phase)

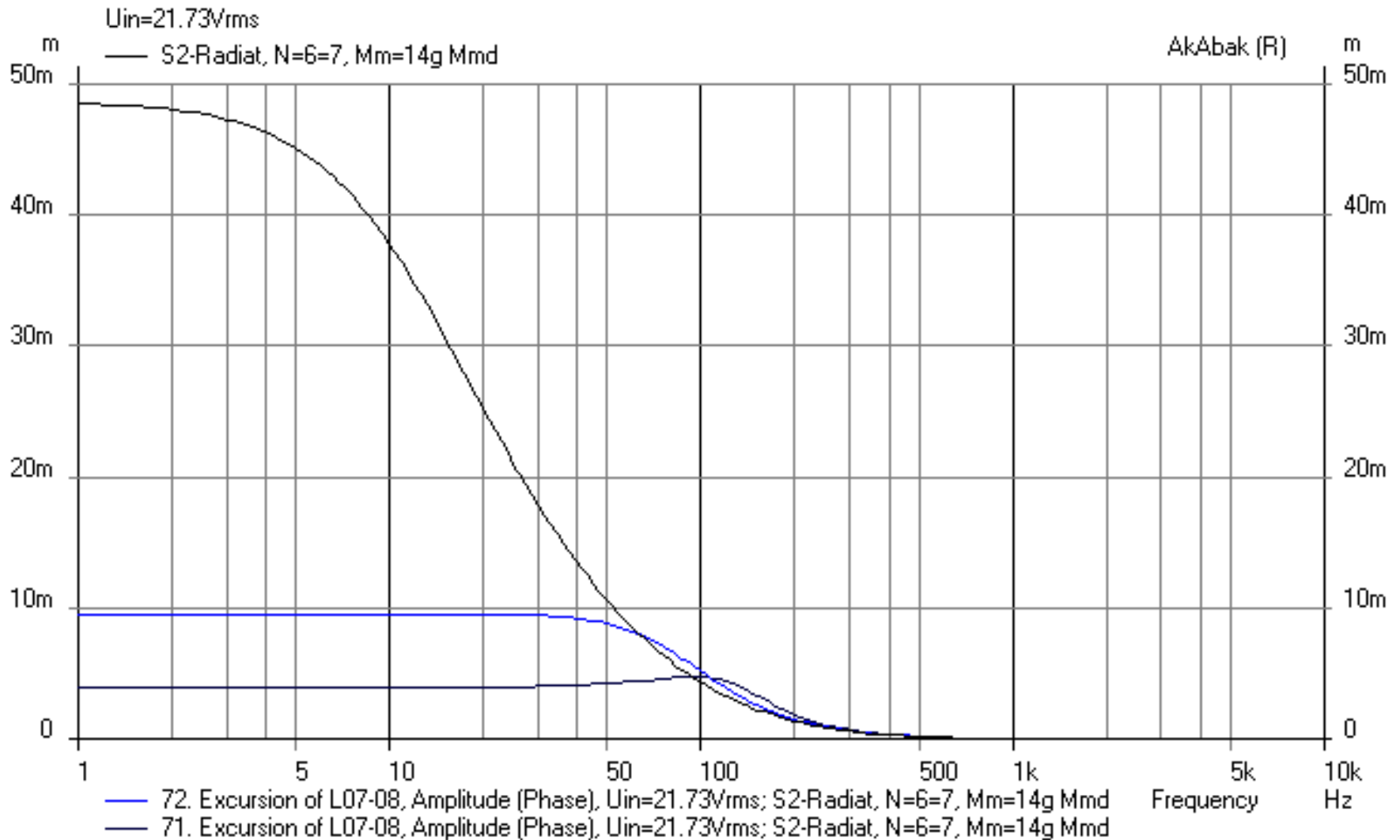


# Vplyv objemu skrinky na akustický tlak (piestová membrána, $P_E=1\text{W}$ , $Q_{TC}=Q_{TS}; 0.707; 1.1$ )



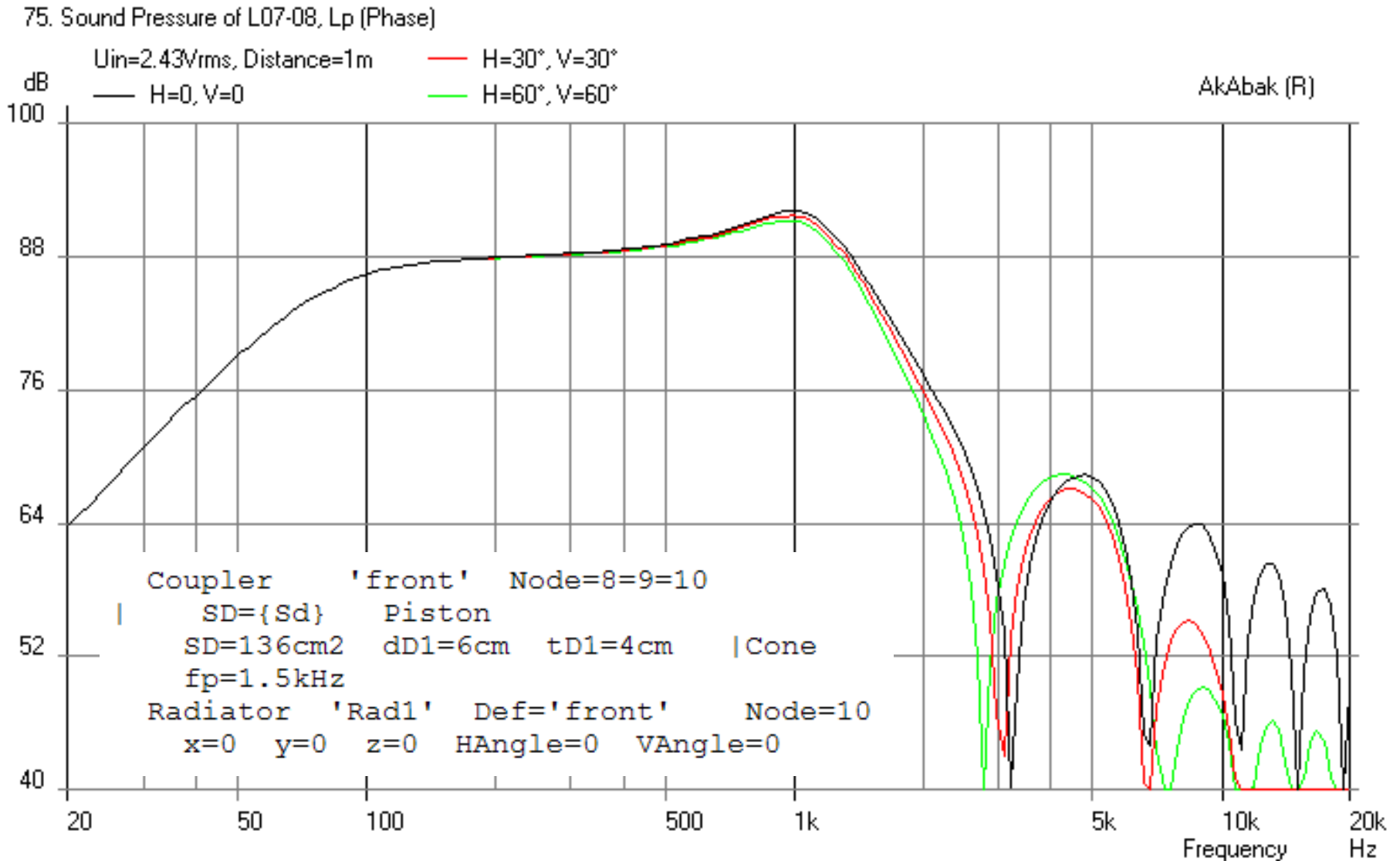
# Vplyv objemu skrinky na výchylku membrány (piestová membrána, $P_E=80W$ , $Q_{TC}=Q_{TS}$ ; 0.707; 1.1)

73. Excursion of L07-08, Amplitude (Phase)



# Akustický tlak

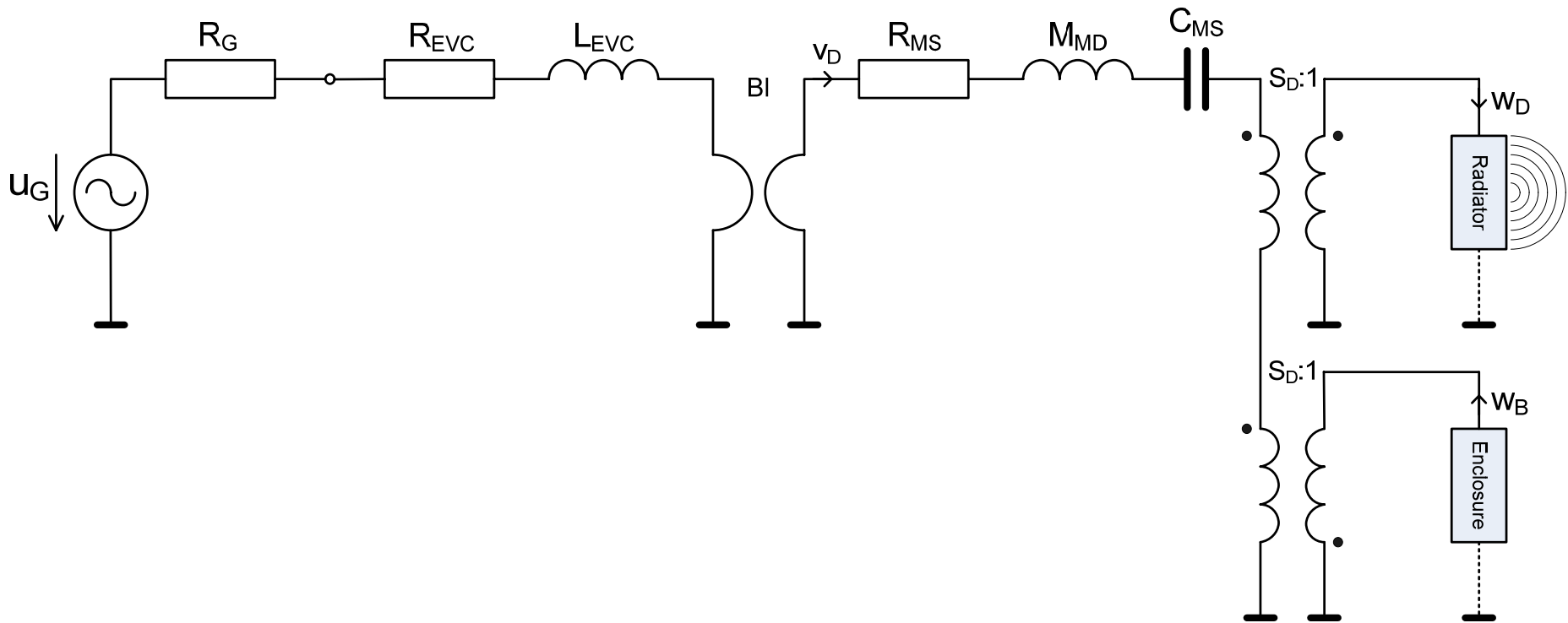
(kónická membrána,  $P_E=1\text{W}$ ,  $Q_{TC}=0.707$ ,  $\alpha=3.9$ ,  $V_{AB}=8.2\text{lit.}$ ,  $f_{-3\text{dB}}=82\text{Hz}$ )





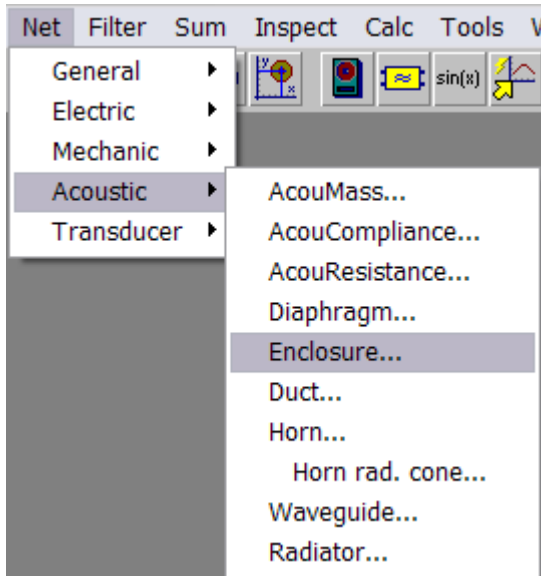
# Reproduktor v zatvorenej ozvučnici

Kombinovaná náhradná schéma s prvkami „Radiator“ a „Enclosure“



• ....

# Makromodel „Enclosure“



## Enclosure

Copy and close

**Element identification**  
E1

**Node**  
s  
20

**Eff. volume of enclosure**  
 $V_b$   
8.3L  
m3,...,in3,L

**Enclosure quality factor/fb**  
 $Q_b/f_o$

Rectangular ...or....  Non rectangular

**Depth or length of enclosure if rectangular**  
 $L_b$   
m,...,in

**Effective cross section area of enclosure**  
 $S_b$   
136cm2  
m2,...,in2

Vented enclosure **Enclosure form**  Long  Deep **Position of vent radiation center...**

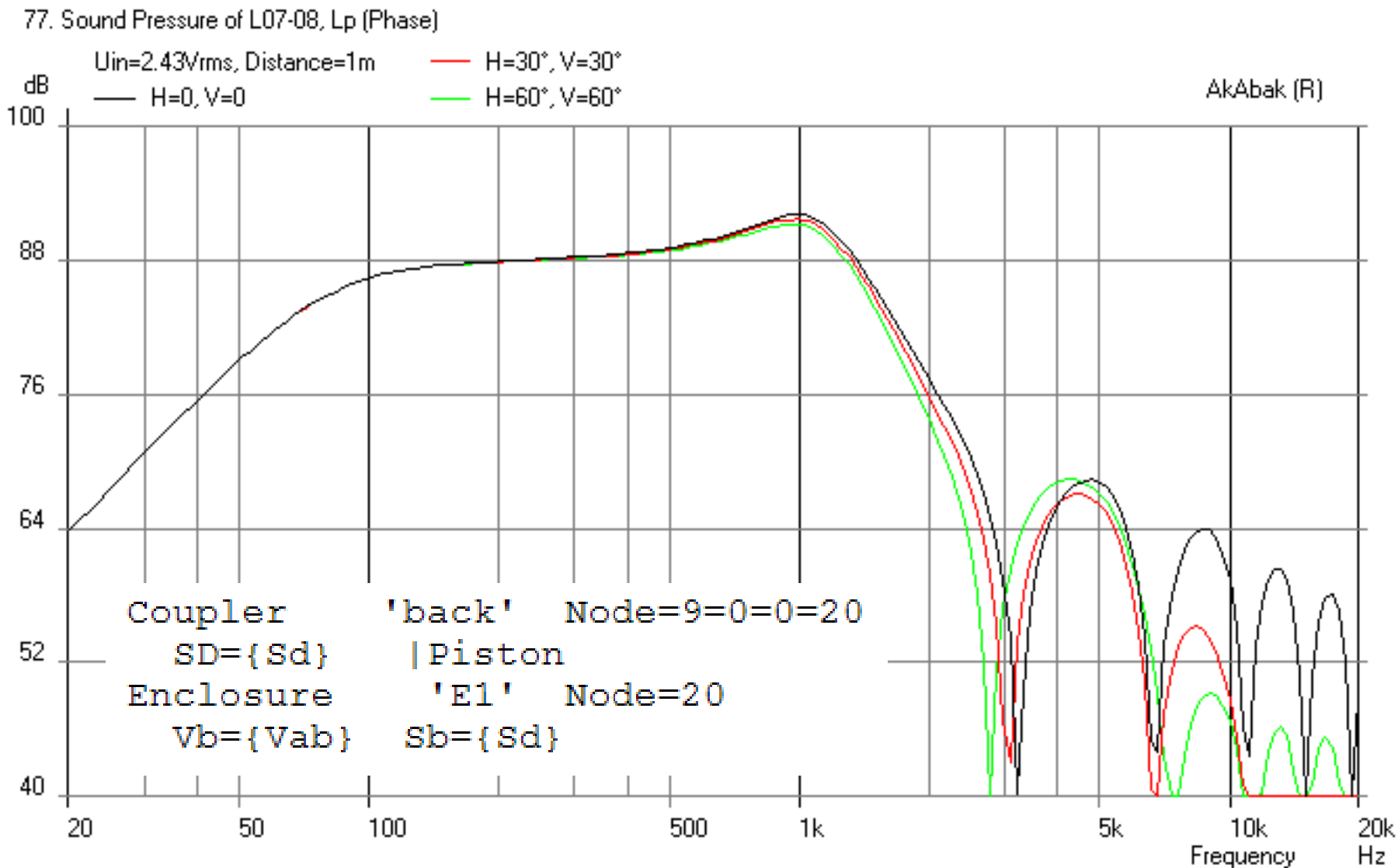
**Helmholtz resonance**  
 $f_b$ ...  
..Hz..

**Vent cross section**  
 $d_D$ ...  
m,...,in

**Vent quality factor/fb**  
 $Q_D/f_o$

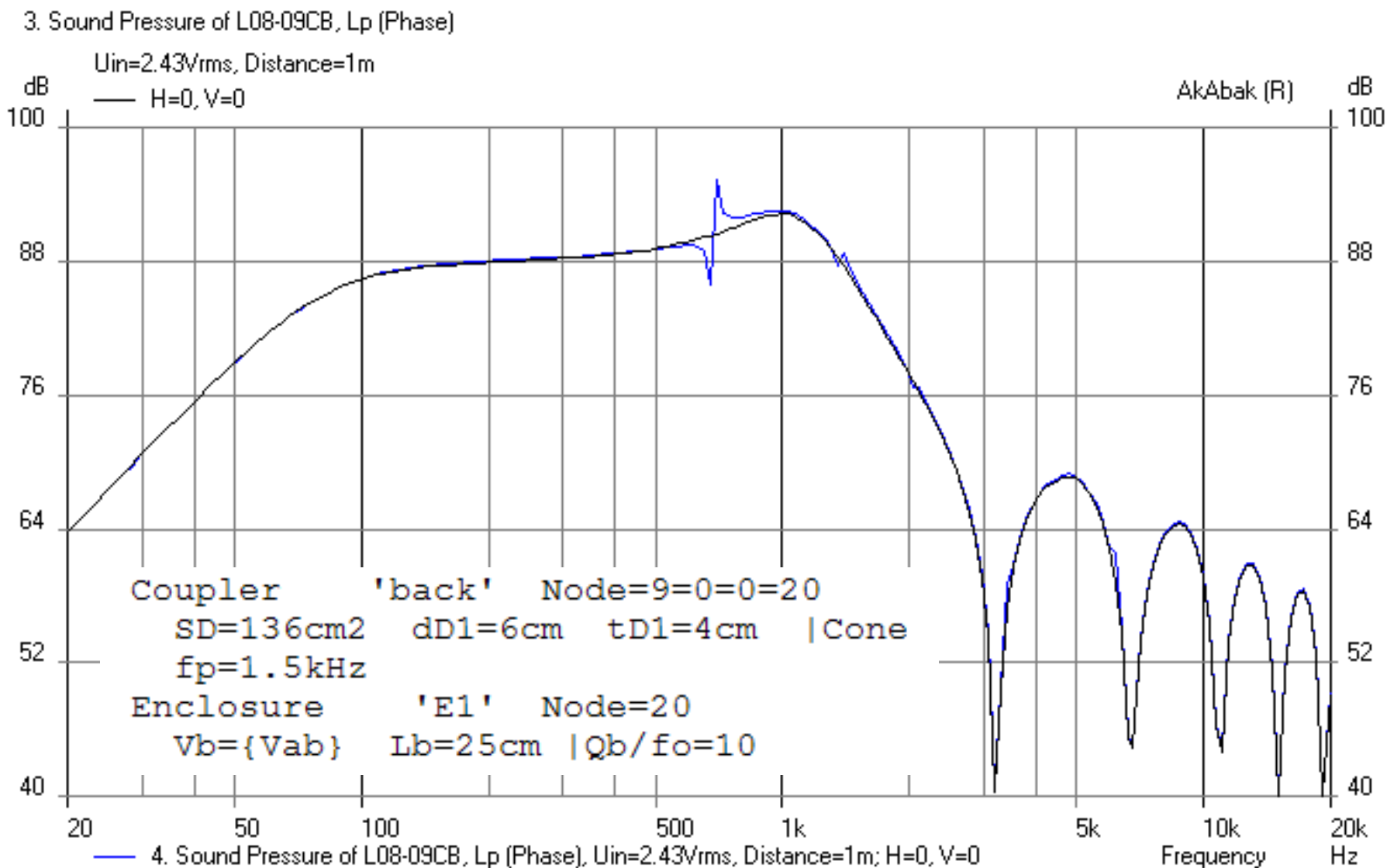
**Control of visc., thermal exch.**  
 $V_{isc}$   
1  
Default: Visc=1  
Off: Visc=0

# Akustický tlak – „Enclosure“ na zadnej strane membrány (kónická membrána, $P_E=1\text{W}$ , $Q_{TC}=0.707$ , $\alpha=3.9$ , $V_{AB}=8.2\text{lit.}$ , $f_{-3\text{dB}}=82\text{Hz}$ )



# Akustický tlak – „Enclosure“ na zadnej strane membrány

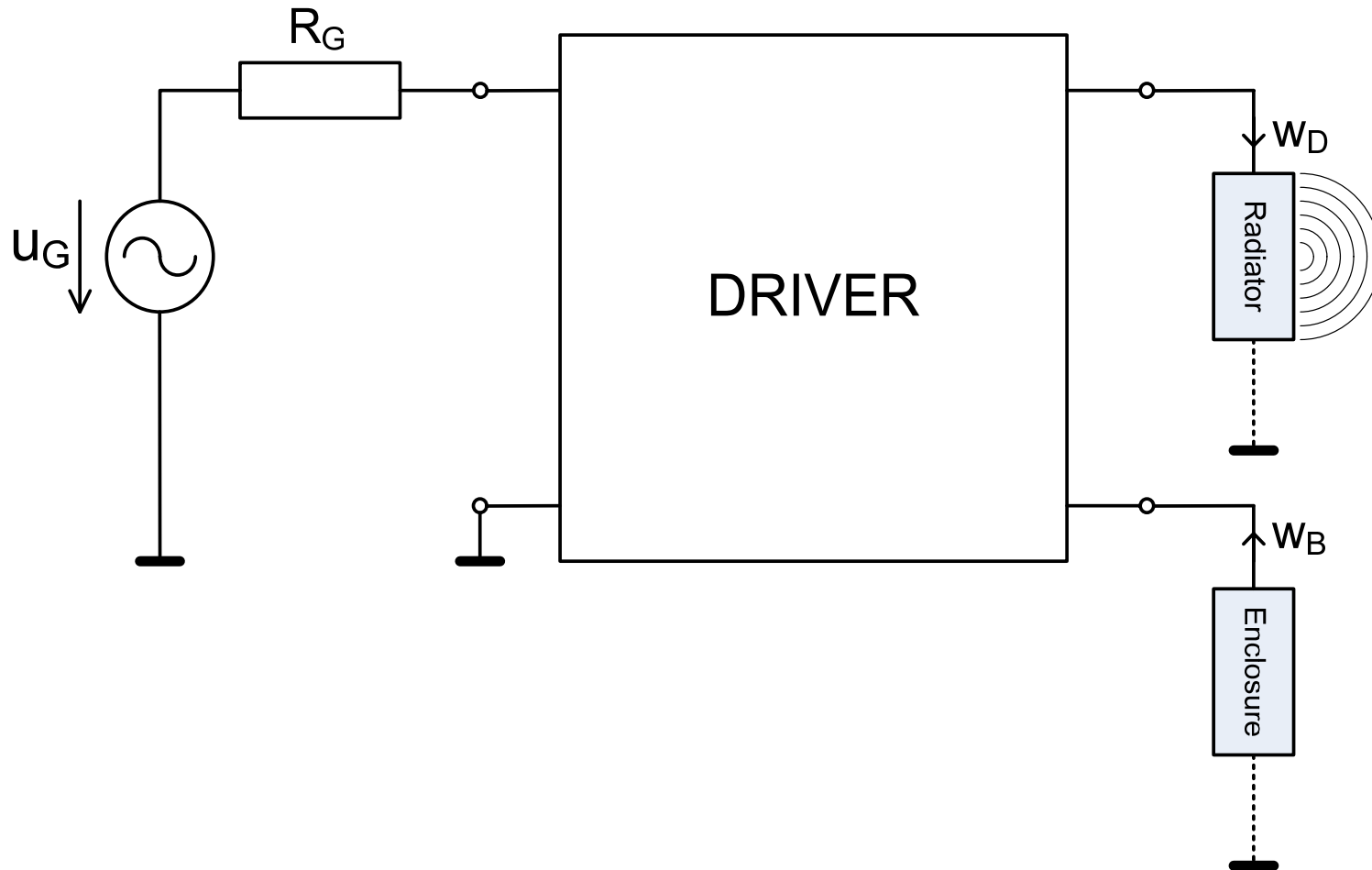
(kónická membrána,  $P_E=1\text{W}$ ,  $Q_{TC}=0.707$ ,  $\alpha=3.9$ ,  $V_{AB}=8.2\text{lit.}$ ,  $f_{-3\text{dB}}=82\text{Hz}$ )



# Reproduktor v zatvorenej ozvučnici

Kombinovaná náhradná schéma s prvkami „Driver“, „Radiator“ a „Enclosure“

• ...



# Skript

```
| Seas Prestige ER18RNX  
| Revc=5.9Ohms; Levc=0.67mH; Bl=7.2N/A; Mmd=14g; Mmrd=0.92g;  
| Rms=2.2Ns/m; Cms=1.3mm/N; Sd=136cm2  
| Fs=37Hz; Qts=0.32; Qms=1.58; Qes=0.39; Vas=32lit.  
| ymax=6mm; sens=88.5dB; Pe(lt)=80W
```

```
Def_Const
```

```
{roh=1.18; c0=344; Sd=0.0136;  
Vas=0.032; Qts=0.32; Qtc=0.707; alfa=sqr(Qtc/Qts)-1;  
Vab=Vas/alfa;  
}
```

```
Def_Driver 'DRV1'
```

```
SD=136cm2 dD1=6cm tD1=4cm |Cone  
fp=1.5kHz  
fs=37Hz Vas=32L Qms=1.58 Qes=0.39  
Re=5.9ohm fre=2.0kHz ExpoRe=1 Le=0.67mH ExpoLe=0.5
```

```
System 'S4-Driver'
```

```
Resistor 'Rg' Node=1=2 R=10mohm  
Driver 'D1' Def='DRV1' Node=2=0=10=20  
Radiator 'Rad1' Def='D1' Node=10  
x=0 y=0 z=0 HAngle=0 VAngle=0  
Enclosure 'E1' Node=20  
Vb={Vab} Sb={Sd} |Lb=25cm
```

### Def\_Driver

**Identification**  
BU1

| Resonance frequency | Electrical quality | Mechanical quality | Voice coil -resistance | -Inductance | Equ. vol. to compliance |
|---------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------|-------------------------|
| fs...               | Qes...             | Qms...             | Re...                  | Le...       | Vas...                  |
| 37Hz                | 0.39               | 1.58               | 5.9ohm                 |             |                         |
| ...Hz...            |                    |                    | ...ohm...              |             |                         |
|                     |                    |                    | fre=2.                 |             |                         |

**Diaphragm dimension**  
SD... 136cm2  
m2...,in2

**Cone**  
Inner diaph. dD1=6cm  
Cone depth tD1=4cm  
Mass-reduction fp=1.5kHz

**Environment**  
Meas\_Dipole

Mms = 14.962g  
Vas = 32L  
Cms = 1.237e-3m/N

TS parametre fs, Qes, Qms a Vas majú alternatívu – EM parametre, ktoré možno zvoliť kliknutím pravým tlačidlom myšky

### Driver Network Element

**Element identification**  
D1

**Reference to definitions for obtaining parameters (Def=)**

|      |             |
|------|-------------|
| DRV1 | IDef_Driver |
| DRV1 | IDef_Driver |

**Nodes**

| Electric side | Acoustic side |
|---------------|---------------|
| s             | u             |
| 0             | 0             |
| t             | v             |
| 0             | 0             |

Def\_TwoCoilsDriver

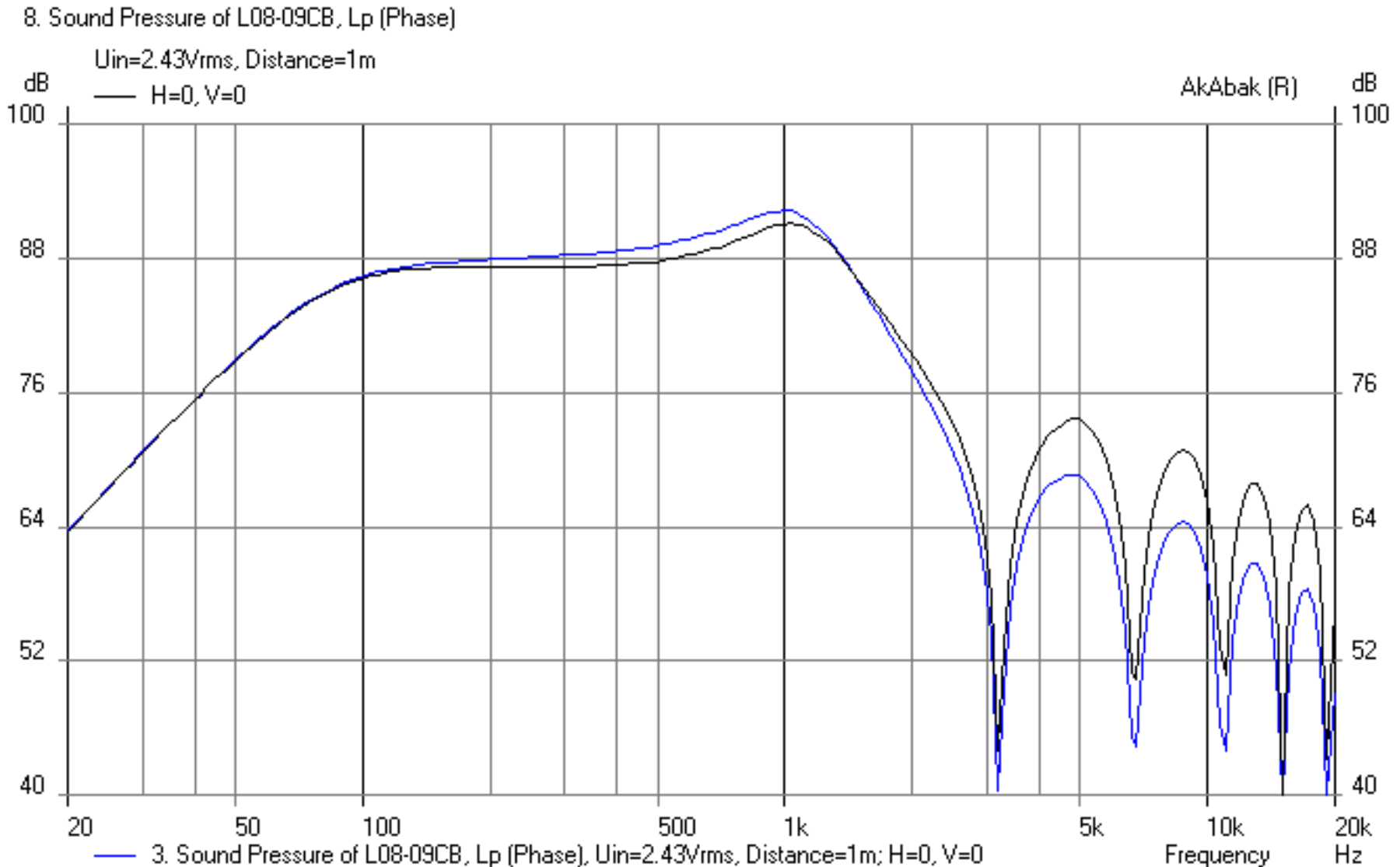
0

0

# Akustický tlak – Driver, Radiator, Eclosure

(kónická membrána,  $P_E=1\text{W}$ ,  $Q_{TC}=0.707$ ,  $\alpha=3.9$ ,  $V_{AB}=8.2\text{lit.}$ ,  $f_{-3\text{dB}}=82\text{Hz}$ )

akustický tlak s „diskrétnou“ náhradnou schémou





- rozdiel medzi hladinami akustického tlaku pri simulácii sústavy pomocou „diskrétnej“ náhradnej schémy a makromodela „Driver“ je v rozdiel medzi vypočítanými a skutočnými TS parametrami reproduktora
- v prípade „diskrétnej“ náhradnej schémy sú použité prvky s hodnotami, prevzatými z katalógového listu
- v prípade náhradnej schémy s makromodelom „Driver“ sú použité TS parametre, prevzaté tiež z katalógového listu – z týchto parametrov sú v programe vypočítané hodnoty EM prvkov, ktoré sú už trochu odlišné od hodnôt uvedených v katalógovom liste (pozri dialógové okno Def\_Driver)

