

# DESIGN OF THE LOUDSPEAKER FOR HOME LISTENING

**Radim Šafer**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xsafer00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Kratochvíl

E-mail: kratot@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper deals with design of the two-way loudspeaker for home listening. There is a short introduction to the speaker selection and crossover design and then the simulation of the speaker frequency characteristic of the impedance and phase. Then the baffle and enclosure of the loudspeaker is discussed with typical approach of design. Finally, the electric scheme and simulation of the crossover is presented.

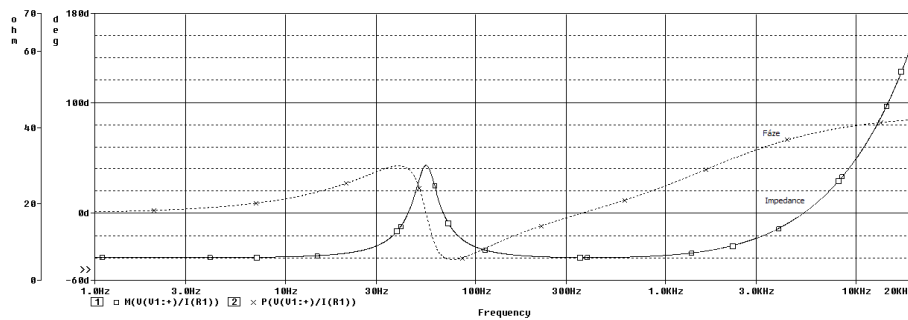
## 1. ÚVOD

Návrh reprosoustavy pro ozvučení domácích prostor je možné realizovat mnoha způsoby. Záleží především na tom, co od dané audio sestavy posluchač požaduje a také to, jaké má k dispozici prostředky pro její realizaci. Cílem projektu bylo vytvořit reprosoustavu, která bude sloužit právě k jakostnímu poslechu, a tedy musí mít co nejvyrovnanější frekvenční charakteristiku. Dále jsou žádoucí dostatečný výkon, příznivé rozměry a celkové náklady na konstrukci. Při hledání optimálního řešení reprosoustavy lze využít simulaci reproduktoru, pomocí jeho náhradního elektrického schématu. Pomocí něj lze simulovat zároveň navrženou výhybku zatíženou reproduktorem uzavřeným v ozvučnici.

## 2. ROZBOR

### 2.1. REPRODUKTOR

Pro návrh je velmi výhodné vytvořit náhradní elektrické schéma použitého reproduktoru. Můžeme pak zároveň simulovat navrženou výhybku, zatíženou reproduktorem, navíc uzavřeného v ozvučnici. K tomu je nejdříve potřeba odměřit modulovou impedanční charakteristiku reproduktoru a z ní pak získat žádané parametry pro tvorbu náhradního schématu. Přičemž pro návrh dvoupásmové reprosoustavy je stěžejní modulová impedanční charakteristika basového reproduktoru. Z naměřené impedanční charakteristiky můžeme vyčíst několik základních parametrů reproduktoru. Jsou to hlavně rezonanční frekvence, maximální modul impedance a činný odpor kmitací cívky [1]. Z těchto hodnot pak lze určit činitele jakosti, které jsou vedle rezonanční frekvence nejdůležitějšími parametry reproduktoru pro návrh reproduktorové soustavy. Pro popis reproduktoru se používají celkem tři - elektrický, mechanický a celkový činitel jakosti. V návrhu je použita kombinace basového reproduktoru Beyma 6B30/P a výškového reproduktoru Beyma T-2010.



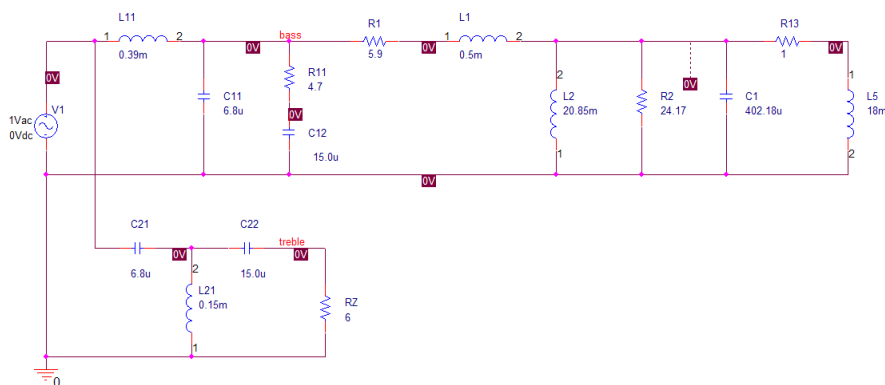
**Obrázek 1:** Simulace průběhu modulu a fáze impedance re Beyma 6B30P

## 2.2. OZVUČNICE

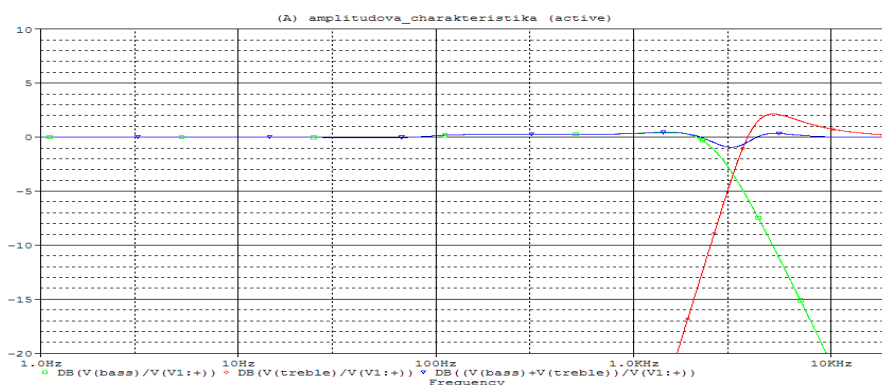
Elektroakustické měniče jsou uchyceny v reproduktorové skříni, odborně nazývané ozvučnice. Ta slouží nejen k mechanickému upevnění měničů, ale hlavně k oddělení zvukové (tlakové) vlny. Ta je vyzařována přední i zadní stranou membrány. Tyto vlny mají opačnou fázi a mají tendenci se navzájem vyrušit, a to zejména na nízkých kmitočtech. Abychom tomu předešli, instalujeme měniče do ozvučnice. Ozvučnic existuje mnoho typů, těmi nejčastějšími je uzavřená a bassreflexová ozvučnice. Pro použití v bassreflexové ozvučnici jsou podle [2] nejvhodnější reproduktory s celkovým činitelem jakosti v rozmezí 0,25 až 0,5. Reproduktor Beyma 6B30/P má tento číselný faktor  $Q_{TS}=0,62$ , proto je použita uzavřená ozvučnice. Avšak v důsledku toho, že instalujeme reproduktor do uzavřené ozvučnice, měníme také jeho vlastnosti. Při pohybu membrány směrem „ven“ se bude vzduch uvnitř ozvučnice roztahovat a při pohybu směrem „dovnitř“ naopak stlačovat. K tomu je zapotřebí přídat sílu, potřebná k pohybu membrány. Reproduktor se bude chovat, jakoby měl méně poddajný závěs. To se také projeví v náhradním schématu reproduktoru. Při návrhu ozvučnice bývá od reprosoustavy požadována vyrovnaná frekvenční charakteristika a zajímá nás, jaký objem ozvučnice ji dokáže „vyrobit“. K volbě optimálního objemu jsem použil metodu návrh podle normovaných charakteristik [1]. Každé hodnotě číselného faktoru jakosti reproduktoru odpovídá sada charakteristik. Vybereme si, jaká charakteristika nejlépe vystihuje náš záměr a tomu bude odpovídat určitý objem ozvučnice. V našem případě je to přibližně 14 litrů. Vlastnosti reprosoustavy neovlivňuje jen samotný objem, ale také například vzájemný poměr jednotlivých stran. Pro minimalizaci stojatých vln uvnitř ozvučnice je výhodné zvolit tzv. golden ratio, který odpovídá poměru stran (šxvxh) 1 : 1,56 : 1,25. Pro zamezení vzniku stojatého vlnění je dobré „vystlat“ ozvučnici vhodným tlumícím materiálem. Zvolená vzdálenost jednotlivých reproduktorů odpovídá 5/4 vlnové délky dělicího kmitočtu, který je v tomto případě 3000 Hz.

## 2.3. VÝHYBKKA

Výhybka pro reproduktorovou soustavu je dělicím filtrem, který slouží k rozdělení celkového kmitočtového pásma do několika dílčích pásem. Používá se z toho důvodu, protože nelze realizovat reproduktor, který by dokázal reprodukovat celé slyšitelné pásmo kmitočtů s dostatečným akustickým výkonem, malou směrovostí a nízkým zkreslením. Přičemž je důležité zohlednit i to, co se stane s reprodukováným signálem, když je po rozdělení výhybkou reprodukován současně jednotlivými měniči. V mém návrhu jsem chtěl dosáhnout toho, aby součtová modulová frekvenční charakteristika byla co nejméně zvlněná. Při simulaci modulové kmitočtové charakteristiky výhybky musíme počítat s tím, že výhybka je zatížena reproduktory v uzavřené ozvučnici. K tomu je výhodné použít získané náhradní elektrické schéma reproduktorů [2] [3].



**Obrázek 2:**Náhradní schéma výhybky zatížené reproduktory v uzavřené ozvučnici



**Obrázek 3:**Simulovaná amplitudová charakteristika výhybky pro nízké kmitočty (zelená), vysoké kmitočty (červená) a celková amplitudová frekvenční charakteristika (modrá)

### 3. ZÁVĚR

Parametry potřebné pro výpočet jsem získal od výrobce z katalogového listu reproduktorů. Reálné parametry reproduktoru však mohou být odlišné, zpravidla horší. Skutečné parametry navržené reprosoustavy tak získáme až samotným měřením vyrobené reproduktorové soustavy. Pokud bude výsledná frekvenční charakteristika příliš zvlněná, je třeba změnit hodnoty některých součástí na výhybce a parametry reprosoustavy znovu odměřit.

### PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM0021630513 a projektu FRVŠ 622/2009 „Inovace laboratorní výuky předmětu Nízkofrekvenční elektronika“.

### LITERATURA

- [1] TOMAN, K. *Reproduktory a reprosoustavy*. Karviná: Dexon s.r.o., 2001. 212 s.
- [2] SÝKORA, B. *Stavíme reproduktorové soustavy I-IX. Praktická elektronika A Radio. 10/1997 – 6/1998*. Praha: AMARO, 1997-1998.
- [3] DOLÍVKA, L.; HOSPODKA, J. *Návrh reproduktorových výhybek s uvažováním komplexní zátěže*. Akustické listy České akustické společnosti. Prosinec 2005, roč. 11, č. 4, s. 9–15.