

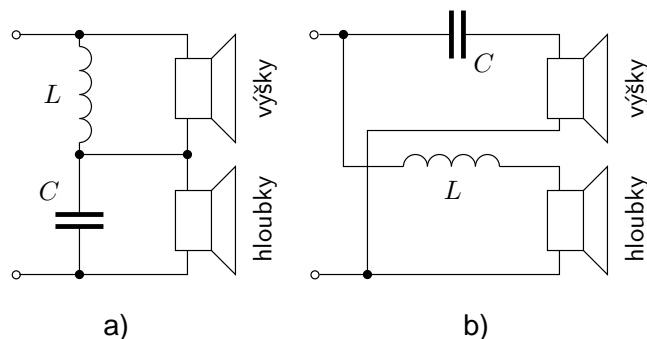
MĚŘENÍ NA REPRODUKTOROVÝCH VÝHYBKÁCH

Úkoly

1. Seznamte se s principy syntézy reproduktorových výhybek.
2. Seznamte se s paralelním zapojením a výpočtem prvků výhybky 1. a 2. řádu.
3. Vysvětlete pojmy: paralelní/sériové zapojení výhybky, řád(strmost) výhybky, dělicí kmitočet, dvou/třípásmová výhybka, podmínka konstantní amplitudy a fáze, podmínka konstantní amplitudy, podmínka konstantního příkonu, podmínka konstantního zpoždění, aproximace typu Butterworth, Bessel, Linkwitz-Rilley.
4. Spočtete dělicí kmitočty pro sestavené výhybky a subjektivně porovnejte tyto hodnoty s reprodukcí hudby přes použité výhybky.
5. Navrhněte jiné dělicí kmitočty a odzkoušejte na přípravku.

Teorie úlohy

Pokud chceme reprodukovat akustický signál v celém slyšitelném kmitočtovém pásmu, řekněme od 30 Hz do 20 kHz, s nízkým zkreslením a dostatečným akustickým výkonem, musíme kmitočtové pásmo rozdělit a použít více reproduktorů. K tomu nám slouží reproduktorová výhybka.



Obr. 1: Rozdíl mezi sériovým (a) a paralelním (b) zapojením výhybky.

Na obr. 1 je na příkladě výhybky 1. řádu ukázán rozdíl mezi sériovým a paralelním zapojením. Řád nebo strmost výhybky je určena použitím řádu filtru, který nám rozděluje kmitočtové pásmo. Použijeme-li filtry 1. řádu z obr. 1, výhybka má strmost 6 dB/okt. Výhybky vyšších řádů jsou uvedeny na obr. 2.

Dělicím kmitočtem nazýváme zlomový kmitočet filtrů. Chceme-li rozdělit kmitočtové pásmo do dvou reproduktorů, použijeme dolní a horní propust a výhybku nazveme dvoupásmovou. Třípásmová výhybka rozděluje kmitočtové pásmo do tří reproduktorů a využívá navíc pásmovou propust pro střední kmitočty. Tedy u dvoupásmové výhybky je dělicí kmitočet jeden a je společným zlomovým kmitočtem dolní i horní propusti.

Nechť $L(j\omega)$ je přenosová funkce dolní propusti a $H(j\omega)$ přenosová funkce horní propusti dvoupásmové výhybky. Obě funkce jsou komplexní. Pro výhybku můžeme stanovit následující podmínky:

- Podmínka konstantní amplitudy a fáze

$$L(j\omega) + H(j\omega) = \text{konst} \quad (1)$$

Vyhýbka podle této definice není kmitočtově závislá a má nulové zpoždění. Praktická realizace není možná.

- Podmínka konstantní amplitudy

$$|L(j\omega) + H(j\omega)| = \text{konst} \quad (2)$$

Filtry se nazývají all-pass filtry nebo česky fázovací články. Tuto podmínku splňují například aproximace typu Linkwitz-Rilley.

- Podmínka konstantního příkonu

$$|L(j\omega)|^2 + |H(j\omega)|^2 = \text{konst} \quad (3)$$

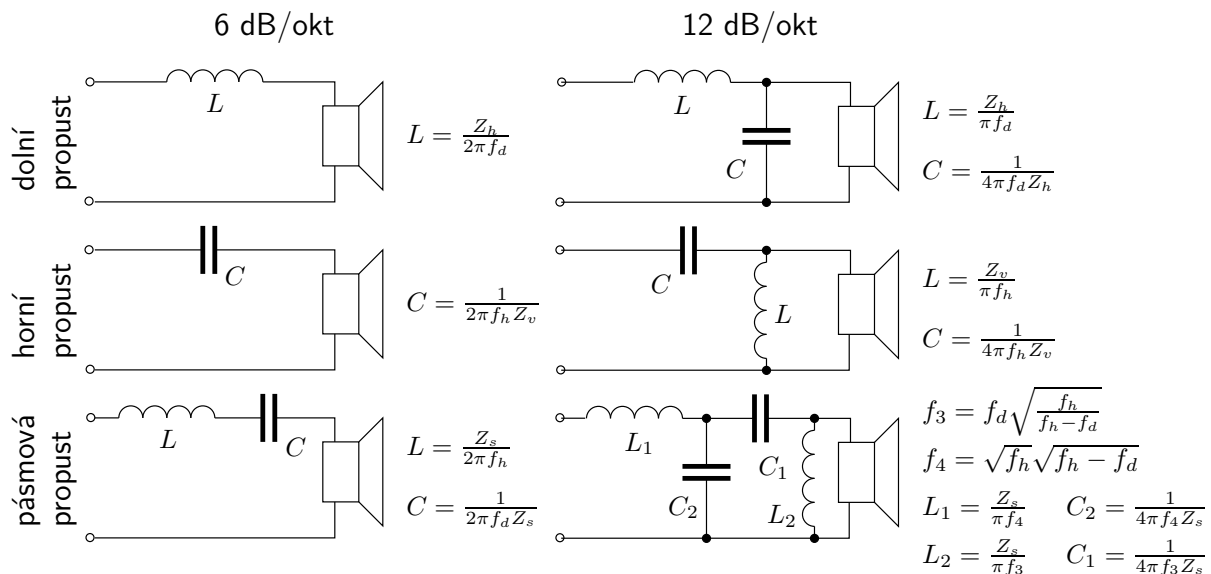
Kdyby reproduktory měli konstantní, kmitočtově nezávislou impedanci, pak by reprosoustava odebírala konstantní příkon. Tuto podmínku a navíc podmínku konstantní amplitudy splňují filtry s Butterworthovou aproximací lichých řádů.

- Podmínka konstantního zpoždění

$$\angle[L(j\omega) + H(j\omega)] = \text{konst} \cdot \omega \quad (4)$$

Tento požadavek je realizovatelný pomocí FIR filtrů.

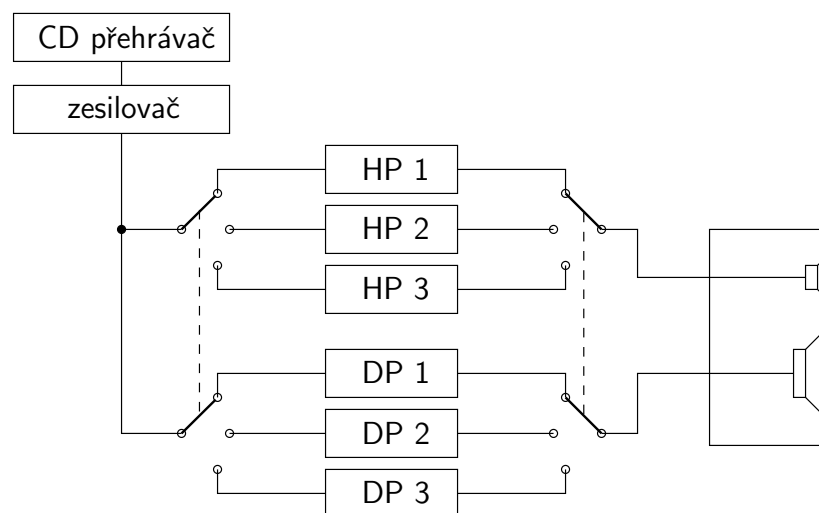
V praxi se nejčastěji používají filtry typu Butterworth ($Q = 0,707$), Bessel ($Q = 0,570$) a Linkwitz-Rilley ($Q = 0,500$), kde Q je jakost filtru.



Obr. 2: Výpočet prvků dolní, horní a pásmové propusti u výhybek 1. a 2. řádu odpovídající aproximaci typu Linkwitz-Rilley.

Na obr. 2 jsou uvedeny vztahy pro výpočet prvků dolní, horní a pásmové propusti výhybek 1. a 2. řádu odpovídající aproximaci Linkwitz-Rilley. Z_h je impedance hlubokotónového, Z_v výškového a Z_s středotónového reproduktoru, f_d dolní dělicí kmitočet, f_h horní dělicí kmitočet pro třípásmovou výhybku. V případě dvoupásmové je $f_d = f_h$.

Schéma zapojení přípravku



Obr. 3: Schéma zapojení.

Reference

- [1] Toman, K.: *Reproduktory a reprosoustavy, 1. díl*. 1. vyd. Karviná: DEXON, 2001. 212 s.
- [2] Sýkora, B.: Reproduktory a reproduktorové soustavy trochu jinak. In *Amatérské rádio*, B/5, 1993.
- [3] Small, R.H.: Constant-Voltage Crossover Network Design. In *Journal of the Audio Eng. Soc.* Vol. 19, Jan 1971, No. 1. s. 12-19.
- [4] Dickason, V.: *The Loudspeaker Design Cookbook*. 5th ed. Peterborough: Radio Amateur Press, 1995. 165 s. ISBN 1-882580-10-9.