

# Měření akustických rezonančních pohltivých prvků

Stanislav Bouzek, Oldřich Tureček

Katedra technologií a měření

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

sbouzek@ket.zcu.cz, turecek@ket.zcu.cz

## Measurement of Acoustic Absorbing Elements Based on Resonant Principle

**Abstract** – This paper deals with possibilities of measuring resonance frequency of absorbing elements using the loudspeaker. Commonly used methods for determine absorption coefficient  $\alpha$  are not suitable for prototypes design. For verification in the reverberation chamber a large sample area is required. In impedance tube can be measured only small circular samples. The method, which is described in the paper, is based on change of the loudspeaker impedance characteristics due to placing prototype of the absorbing element into a common baffle.

**Keywords** – Acoustic Absorbing Elements; Alfa-cabinet; Loudspeaker; Loudspeaker Impedance

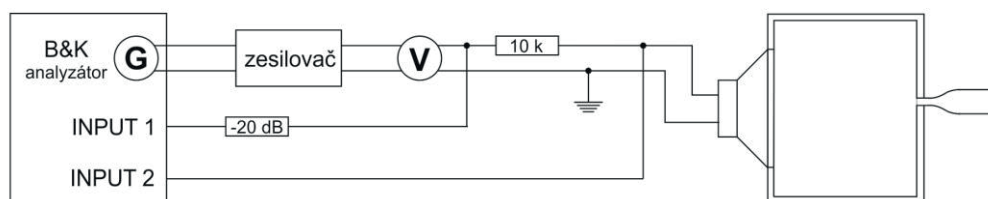
### I. ÚVOD

Při vývoji nových akustických pohltivých prvků založených na rezonančním principu často dochází k měření velkého počtu prototypových vzorků. Běžně používané metody určení činitele zvukové pohltivosti  $\alpha$  proto nejsou příliš vhodné. Pro měření ve speciální dozvukové komoře je požadována plocha měřeného vzorku minimálně  $10 \text{ m}^2$ . Výroba takové plochy vzorku může být, například v případě děrovaných panelů, velmi nákladná. V impedanční trubici je naopak možné měřit pouze malé vzorky, obvykle kruhového průřezu. Pro měření kmitajících membrán, kdy je rezonance membrány svázána s jejími rozměry, je tato metoda nepoužitelná. Proto byla hledána jednoduchá metoda, pomocí které by bylo možné ověřit alespoň rezonanční frekvenci prototypových prvků o malé ploše. Níže popsaná metoda je založena na změně impedanční charakteristiky elektrodynamického reproduktoru, pokud je do jeho uzavřené ozvučnice vložen akustický prvek s rezonančním charakterem.

### II. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ S HELMHOLTZOVÝM REZONÁTOREM

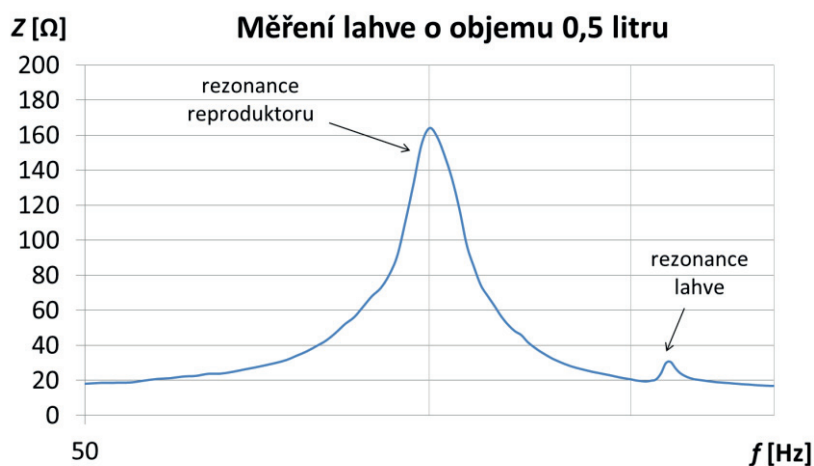
Při návrhu měřicí metody se vycházelo ze znalosti změny tvaru impedanční charakteristiky reproduktoru vloženého do různých typů běžně používaných ozvučnic. Při vložení do bassreflexové ozvučnice se na impedanční charakteristice objeví kromě vlastní rezonanční frekvence reproduktoru také výrazná špička v oblasti rezonanční frekvence bassreflexového systému (Helmholtzův rezonátor). Pokud je rezonátor vhodně naladěn, využívá se k rozšíření frekvenčního pásma reproduktoru směrem k nižším kmitočtům. Frekvenční závislost impedance reproduktoru lze poměrně přesně a snadno určit i se základním vybavením. Účelem prvního experimentu bylo zjistit, jestli při vložení reproduktoru a akustického prvku do společné ozvučnice bude na impedanční charakteristice viditelná i rezonance použitého prvku.

Běžný reproduktor o průměru 305 mm byl vložen do ozvučnice o objemu 43 litrů magnetem směrem ven a do zadní stěny tloušťky 18 mm byl vyvrtán otvor o průměru 28 mm. Tím vznikla bassreflexová ozvučnice. Do otvoru byla vlepena lahev o objemu 0,5 litru, představující Helmholtzův rezonátor. Schéma zapojení je na obrázku I, k měření byla použita měřicí technika firmy Bruel a Kjaer.



**Obrázek I.** Schéma zapojení měření impedance reproduktoru

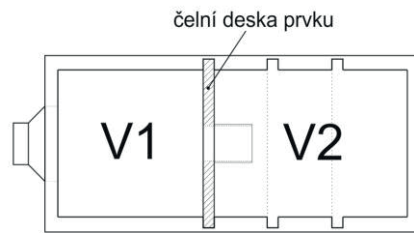
Výsledky měření můžeme vidět v grafu na obrázku II. Kromě rezonanční frekvence samotného reproduktoru (100 Hz) je dobře viditelná i vlastní rezonance lahve na frekvenci 160 Hz. Rezonanční frekvence lahve byla ověřena také akustickým měřením. Z výsledků tohoto experimentu lze usoudit, že navržená metoda je pro dané měření použitelná.



**Obrázek II.** Výsledek experimentálního měření s Helmholtzovým rezonátorem

### III. MĚŘÍCÍ OZVUČNICE

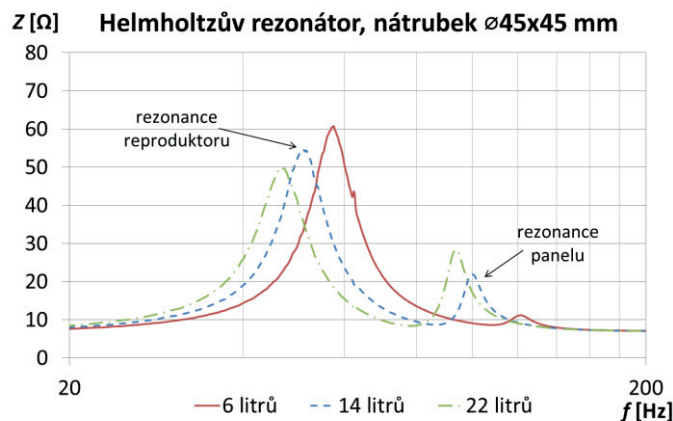
Pro další měření byla použita speciální měřicí ozvučnice umožňující umístění zkoumaného prvku a změnu objemů jednoduchým přesunutím přepážek, viz obrázek III. Měřicí reproduktor a prototyp akustického pohltivého prvku jsou v ozvučnici spojeny přes společný objem vzduchu V1. Objem V2 je součástí akustického prvku a přesunutím zadní přepážky lze přeladovat jeho rezonanční frekvenci. Jakákoliv netěsnost v měřicí ozvučnici se pak bude chovat jako další akustický rezonanční obvod a bude tak mít za následek zkreslení naměřených výsledků. Také z tohoto důvodu byl pro další měření vybrán reproduktor s neprodyšnou membránou. Vlastní rezonanční frekvence reproduktoru by měla být mimo předpokládanou rezonanci akustického prvku. Použitý reproduktor má průměr 175 mm a rezonanční frekvenci 41 Hz. Čelní plocha měřeného prvku může být maximálně 265x285 mm a objem vzduchové mezery V2 lze měnit ve 3 krocích – 6, 14 a 22 litrů.



**Obrázek III. Měřicí ozvučnice**

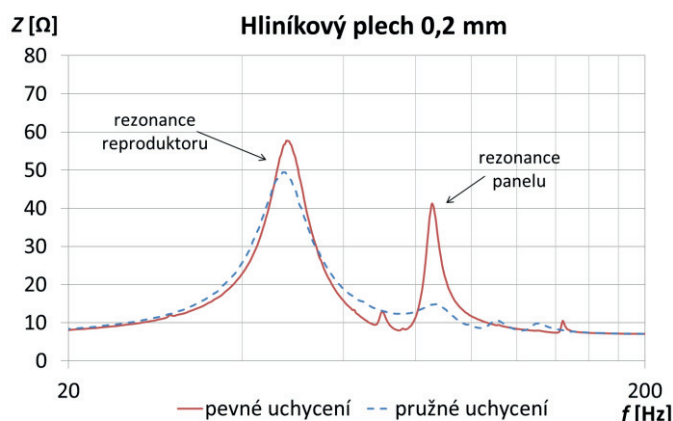
#### IV. VÝSLEDKY DALŠÍCH MĚŘENÍ

Ve výše zmíněné ozvučnici bylo změřeno několik typů akustických prvků. První skupinou byly Helmholtzovy rezonátory, měřeno bylo několik konfigurací s různými průměry a délkami hrdla a různým objemem dutiny. Na obrázku IV je vidět vliv změny objemu V2 na rezonanční frekvenci prvku.



**Obrázek IV. Vliv změny objemu dutiny Helmholtzova rezonátoru**

Další skupinou používaných prvků jsou kmitající panely a membrány. Membrána je po svém obvodu pevně uchycená a kmitá na frekvencích odpovídajících jejím rozměrům a materiálu. Panel je naopak uchycen pružně, například na gumovém závěsu a jeho rezonanční frekvence je dána hlavně jeho hmotností a tuhostí závěsu. Měřena byla laminátová deska o tloušťce 1,5 mm a hliníkový plech o tloušťce 0,2 mm. Výsledky pro pevné i pružné uchycení hliníkového plechu jsou na obrázku V.



**Obrázek V. Měření kmitající membrány/panelu z hliníkového plechu**

## V. ZÁVĚR

Z výše popsaných měření bylo získáno mnoho poznatků, na jejichž základě bude popsána měřicí metoda dále rozvíjena a zdokonalována. Čím větší je poměr objemů  $V_2:V_1$ , tím výraznější je rezonance akustického prvku. Protože je reproduktor přes společný objem  $V_1$  spojen s měřeným prvkem, velikost hrdla rezonátoru a objem  $V_2$  posouvají i rezonanční frekvenci reproduktoru. Lahve o objemu 0,5 l byly změřeny i běžnou metodou pro určení činitele pohltivosti v dozvukové komoře a také zde vychází nejvyšší pohltivost v 1/3-oktávovém pásmu 160 Hz. Kromě rezonančních prvků byl změřen i akustický porézní materiál pohlcující v širokém pásmu středních a vysokých kmitočtů. Na měření impedanční charakteristice to ale nevyvolalo viditelné změny. Pro tento typ materiálů tedy není tato metoda použitelná.

Pomocí výše popsané metody lze tedy rychle a pouze s minimem vybavení určit frekvenční pásmo s nejvyšší pohltivostí pro akustické prvky založené na rezonančním principu. Vývoj bude pokračovat k výrobě větší dostatečně tuhé a těsné měřicí ozvučnice, do které by bylo možné umístit panel o standardním rozměru 600x600 mm. Dále bude zkoumán rozdíl výsledků naměřených pomocí jednotlivých metod a možnosti určení kromě rezonanční frekvence i správnou velikost činitele zvukové pohltivosti  $\alpha$ .

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2018-005 a projektu SGS-2015-020: Vícekanálové měřicí metody.

## LITERATURA

- [1] T.J. Cox, P. D'Antonio: Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application. 2nd ed. New York: Taylor & Francis, 2009. ISBN 978-0415471749.
- [2] J. Eargle: Loudspeaker handbook. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003. ISBN 978-1402075841.
- [3] M. Colloms, P. Darlington: High performance loudspeakers. 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2005. ISBN 978-0-470-09430-3.