Reproduktor jako pohltivý prvek pro prostorovou akustiku

Stanislav Bouzek
Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
sbouzek@ket.zcu.cz

Loudspeaker as a Treatment for Room Acoustics

Abstract - **This paper deals with possibilities of using the loudspeaker for room acoustic. The experiment with large low resonant frequency loudspeaker was done. At first, the vibration of membrane was scanned by using a laser vibrometer for different operating states. The effect on reverbereation time of placing the loudspeaker in echoic chamber was also investigated.**

Loudspeaker; Loudspeaker Membrane Vibrations; Room Acoustics; Sound Absorbing.

I. ÚVOD

Tento článek se zabývá možností použití reproduktoru jako pohltivého prvku pro akustické úpravy. Pro experiment byl vybrán rozměrný basový reproduktor s nízkou rezonanční frekvencí, velkou plochou membrány a vysokou maximální výchylkou membrány. Laserovým vibrometrem bylo nejprve skenováno chování membrány pro různé stavy zatížení reproduktoru. Pro stejné stavy byl následně zkoumán vliv při umístění do dozvukové komory, ve které se běžně určují parametry pohltivých prvků pro akustické úpravy.

II. PODMÍNKY EXPERIMENTU

A. Použitý reproduktor

Experiment byl prováděn s uzavřeným reproboxem, osazeným basovým reproduktorem B&C Speakers, typ 18TBW100. Jedná se o 18“ reproduktor s impedancí 8 Ω, maximálním stálým výkonem 3000 W a citlivostí 96 dB. Plocha membrány je 1210 cm^2 a její maximální rozkmit 57 mm. Ozvučnice je vyrobena z dvou slepených desek 18 mm překližky, má rozměry přední strany 620x620 mm, hloubku 520 mm a vnitřní objem 134 l. Vložením reproduktoru do ozvučnice se jeho původní rezonanční frekvence 35 Hz posune na frekvenci 58 Hz. Použití uzavřené ozvučnice umožňuje bezpečně provozovat reproduktor i pod rezonanční frekvencí systému. Reprobox je původně navržen pro buzení ve frekvenčním pásmu 30 až 100 Hz.

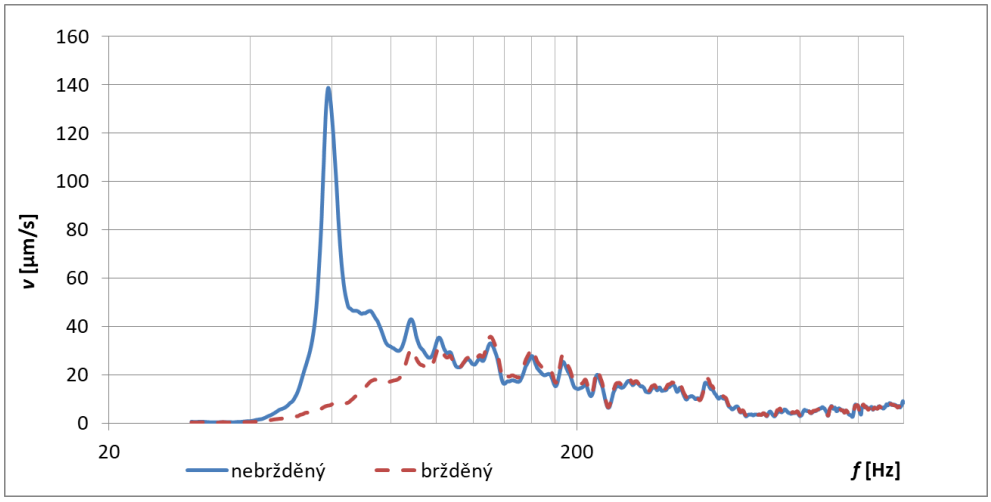
B. Dozvuková komora

Akustické prvky určené k pohlcení zvuku jsou popsány frekvenčně závislým činitelem zvukové pohltivosti α. Ten je možné určit z měření doby dozvuku prázdné a zkoumaným materiálem osazené dozvukové komory. Podmínky a postup určení zvukové pohltivosti určuje norma ČSN EN ISO 354 [2]. Akustické pole v komoře by mělo být difúzního charakteru – tedy s všesměrovým a náhodným dopadem. Rozměry dozvukové komory FEL ZČU jsou 6,8 m x 5,3 m, výška 6,05 m a objem je 214 m^3.

Stěny i podlaha jsou ošetřeny tvrdou epoxidovou stěrkou, aby jejich pohltivost byla co nejnižší, a v prostoru jsou rozvěšeny difuzory z plexiskla.

III. MĚŘENÍ LASEROVÝM VIBROMETREM

Chování membrány při dopadu zvukové vlny lze snadno zkoumat laserovým vibrometrem. Toto bezdotykové měření rychlosti kmitání membránu nijak nezatěžuje a dosahuje vysoké přesnosti. Přístroji je zadána síť bodů popisující geometrii zkoumaného prvku. Reprobox byl měřen ve stavu naprázdno (nebržděný) a nakrátko (zkratováním vstupních svorek dojde k zabrždění pohybu membrány). Výsledné spektrum získané pomocí laserového vibrometru Polytec PSV 500 je v grafu na obrázku I, vynesen je průměr ze všech měřených bodů. Membrána byla buzena naproti a v ose umístěným reproboxem. Měřicí signál byl frekvenčně rozmítaný harmonický signál 30 Hz až 1 kHz, řízený z vibrometru.



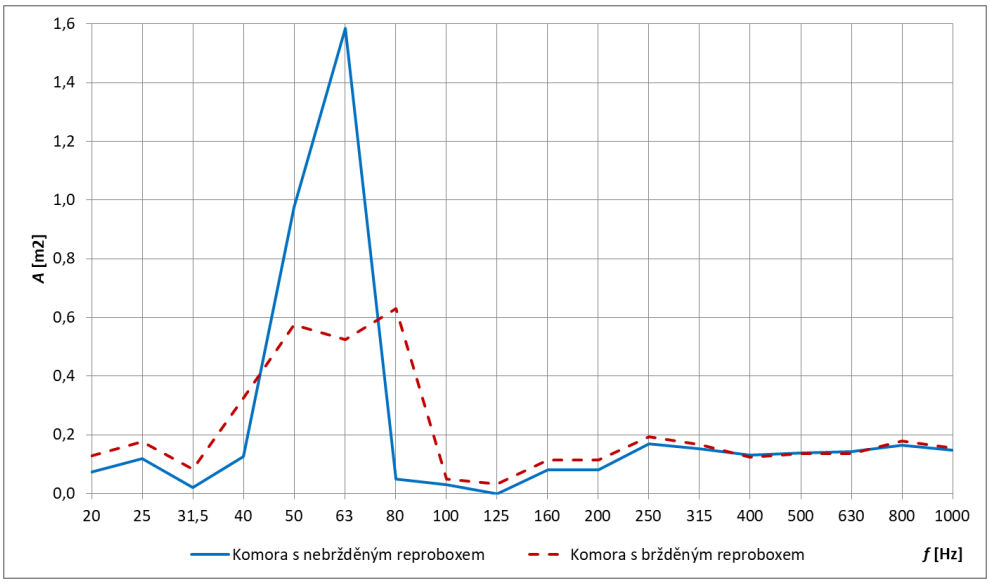
Obrázek I. **Kmitání membrány**

Z grafu je dobře viditelné, že k největšímu kmitání nebržděné membrány dochází na rezonanční frekvenci systému 58 Hz. Rozdíl mezi zkoumanými stavy je dobře patrný ještě na 80 Hz, od 100 Hz výše je téměř neznatelný. Tato zjištění korespondují s konstrukcí konkrétního reproduktoru - požadavkem u typů přizpůsobených na určité frekvenční pásmo (zde pro velmi nízké frekvence) je pokud možno pístový pohyb membrány v daném frekvenčním rozsahu. Pokud má být konstrukce uzpůsobena pro velmi nízké frekvence, její vlastnosti pro vyšší frekvenční pásma budou vždy znatelně horší. Z tohoto důvodu je rozkmit na vyšších frekvencích znatelně menší.

IV. MĚŘENÍ V DOZVUKOVÉ KOMOŘE

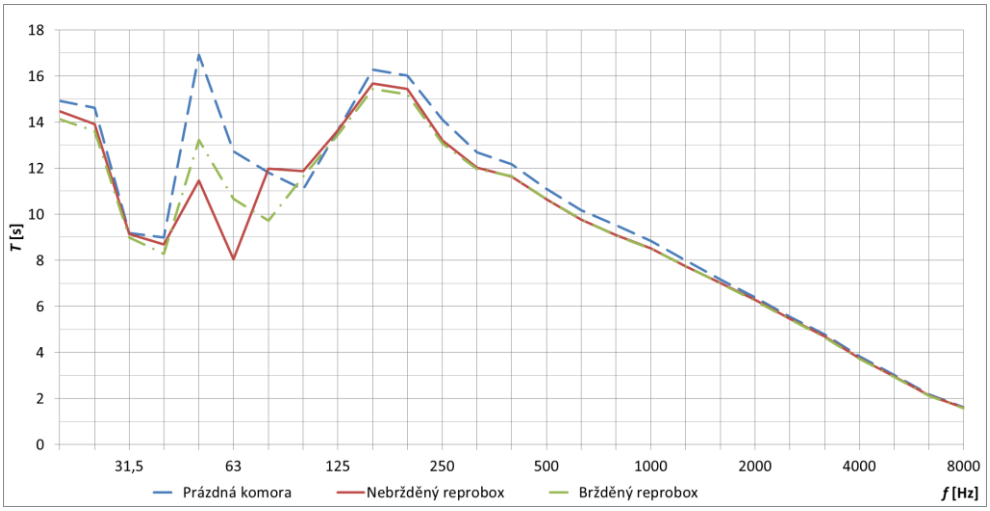
Reprobox byl umístěn v jednom z šikmých rohů komory. Doba dozvuku byla měřena pomocí metody přerušeného šumu, kdy se komora nabudí šumem na dostatečnou hladinu akustického tlaku, poté se zdroj vypne a zaznamenává se poklesová křivka. Z ní se aproximací určí doba poklesu o 60 dB. Během tohoto měření jsou tedy v komoře umístěny dva reproboxy – jeden používaný jako zdroj hluku a druhý jako pohltivý prvek. Byla provedena měření v obou již dříve zkoumaných stavech – nebržděný a bržděný reprobox a měření prázdné komory (bez zkoumaného reproboxu, ale s používanou měřicí technikou). Měření bylo prováděno pro třetinooktávová pásma, výsledné hodnoty jsou dány skupinovým a prostorovým průměrem přes několik pozic měřících mikrofonů a zdroje hluku. Pro měření byla využita měřící technika od firmy Brüel & Kjær. Protože plocha membrány nedosahuje velikosti plochy požadované normou, není možné určit správnou hodnotu činitel pohltivosti. Z naměřených dat je ale

možné vyjádřit tzv. ekvivalentní pohltivou plochu A, kdy tvar jejího frekvenčního průběhu téměř odpovídá tvaru průběhu činitele pohltivosti.



Obrázek II. **Průběh ekvivalentní pohltivé plochy**

Z grafu na obrázku II je patrné, že umístění reproboxu do komory významně zvýší její ekvivalentní pohltivou plochu v pásmech se středovými frekvencemi 50 Hz a 63 Hz. Nejvyšších hodnot dosahuje nebržený reprobox v pásmu 63 Hz, protože do tohoto třetinooktávového pásma spadá rezonanční frekvence systému 58 Hz. Reálný dopad na dobu dozvuku T_s v komoře je viditelný na obrázku III.



Obrázek III. **Vliv umístění reproboxu do dozvukové komory na T_s**

I tento graf potvrzuje vliv reproboxu hlavně v pásmech 50 a 63 Hz. Ve stavu nebrženého reproboxu došlo ke zkrácení T_s o 5,5 vteřiny v pásmu 50 Hz, resp. 4,5 vteřiny v pásmu 63 Hz. Vzhledem k malé ploše membrány (vůči ploše stěn komory), jde tedy o poměrně významné zkrácení doby dozvuku.

V. ZÁVĚR

Z provedených měření vyplývá, že i obyčejný reproduktor lze v určitém specifickém případě použít jako pohltivý prvek pro prostorovou akustiku. Námi zkoumaný reproduktor je díky svým parametrům účinný pouze v úzkém pásmu nízkých

kmitočtů kolem rezonanční frekvence vzniklé soustavy. Při výběru vhodného typu reproduktoru a návrhu ozvučnice by bylo možné ladit jednotlivé měniče na konkrétní frekvence a tlumit například vlastní kmity místnosti [1]. Nevýhodou tohoto řešení může být cena měničů, která je většinou tím vyšší, čím je větší jejich průměr. Protože při návrhu akustických úprav prostorů vždy hraje roli aktivní plocha použitých prvků vůči ploše stěn, byl by pro běžné prostory vyžadován poměrně velký počet měničů. Oproti běžně používaným řešením pomocí pohltivých materiálů nebo rezonátorů je jistou nevýhodou možné stárnutí závěsů reproduktoru a tedy časová nestálost tohoto řešení.

Dále by bylo možné zkoumat chování soustavy v jiných provozních stavech než naprázdno/nakrátko a například připojenou kombinací RLC prvků ladit rezonanční frekvenci nebo rozšířit šířku pásma pohltivosti konkrétní soustavy. V úvahu pak přichází i možnost aktivního řízení celé skupiny takto konstruovaných soustav a jejich ladění pro konkrétní prostor a situaci.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-020: Vícekanálové měřicí metody.

LITERATURA

[1] COX, T., D´ANTONIO, P. Acoustic Absorbers and Diffussers 2 Rev Ed. United Kingdom: Taylor & Francis Ltd, 2009. ISBN-10: 0415471745

[2] ČSN EN ISO 354. Akustika - Měření zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti. Praha: ÚNMZ, 2009.