



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv krycích mřížek reproduktorů na výsledné parametry kytarových
reprosoustav

Autor práce: Jiří Dražan

Vedoucí práce: Ing. Stanislav Bouzek

Plzeň 2017

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří DRAŽAN

Osobní číslo: E14B0336P

Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronika a telekomunikace

Název tématu: Vliv krycích mřížek reproduktorů na výsledné parametry kytarových reprosoustav

Zadávací katedra: Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte možnosti zakrytí kytarových reproduktorů.
2. Určete parametry reprosoustavy ovlivněné zakrytím reproduktoru.
3. Určené parametry změřte pro běžně používané způsoby zakrytí kytarových reproduktorů.
4. Zhodnoťte vhodnost používaných řešení.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Stavíme reproduktorové soustavy, Sýkora Bohumil, A-Radio 10/97 - 9/2001**
2. **Acoustics, Leo L. Beranek, ISBN-13: 978-0883184943**
3. **High Performance Loudspeakers, Colloms Martin, ISBN-13: 978-0470094303**
4. **Sound System Engineering, Davis Don, ISBN-13: 978-0240818467**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Bouzek

Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Práce se zabývá vlivem krycí mřížky na výsledné parametry kytarových reproduktorů. Úvod práce je zaměřen na základní teorii reproduktorů a princip šíření akustické vlny při střetu s překážkou. Dále je uveden stručný přehled používaných krycích mřížek. V praktické části práce jsou ověřeny teoretické poznatky a změřeny parametry ovlivněné zakrytím kytarových reproduktorů. Dále je experimentálně ověřen vliv reklamního loga a vliv zakrytí výškového reproduktoru. Měření probíhalo v bezodrazové komoře za pomoci systému od firmy Bruel a Kjaer. Výsledky měření jsou shrnuty v závěru práce.

Klíčová slova

Kytarový reproduktor, krycí mřížka, amplitudová frekvenční charakteristika, směrová charakteristika,

Abstract

Dražan, Jiří. *Influence of speaker cover grills for guitar speakers parameters* [Vliv krycích mřížek reproduktorů na výsledné parametry kytarových reprosoustav]. Pilsen, 2017. Bachelor thesis (in Czech). University of West Bohemia. Faculty of Electrical Engineering. Department of Applied Electronics and Telecommunications. Supervisor: Stanislav Bouzek

This work deals with the influence of speaker cover grills for guitar speaker's parameters. The introduction of this work is focused on basic theory of speakers and principles of spreading acoustical wave when colliding with the obstacle. Mentioned a brief overview of used cover grills. In practical part of this work, theoretical prescriptions are verified and parameters varied by covering guitar speakers are measured. In addition, the influence of advertising logo and the influence of tweeter covering is experimentally verified. All measurements were performed in an anechoic chamber with Bruel a Kjaer equipment.

Keywords

Guitar speaker, cover grill, amplitude frequency characteristic, direction characteristic

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem svou závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 270 trestního zákona č. 40/2009 Sb.

Také prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 8. června 2017

Jiří Dražan

.....

Podpis

Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
Seznam symbolů a zkratk	x
1 Úvod	1
2 Teorie reproduktorů	2
2.1 Reproduktor jako elektroakustický měnič	2
2.2 Dělení reproduktorů	2
2.2.1 Dělení podle způsobu vyzařování	2
2.2.2 Dělení podle frekvenčního rozsahu	2
2.2.3 Dělení podle konstrukce	3
2.3 Elektrodynamické reproduktory	3
2.3.1 Princip	3
2.3.2 Konstrukce	4
3 Parametry reproduktorů	6
3.1 Jmenovitý příkon	6
3.2 Jmenovitá impedance	6
3.3 Charakteristická citlivost	7
3.4 Kmitočtová charakteristika amplitudová	7
3.4.1 Měření	7
3.5 Směrová charakteristika	8
3.5.1 Měření	9
3.6 Kmitočtová charakteristika impedanční	9
4 Ozvučnice	11
4.1 Význam ozvučnice	11
4.2 Desková ozvučnice	11
4.3 Otevřená ozvučnice	12
4.4 Uzavřená ozvučnice	12

4.5	Ozvučnice typu Bassreflex	12
5	Krycí mřížky kytarových reproduktorů	13
5.1	Teoretické zkoumání vlivu krycí mřížky	13
5.1.1	Odraz a lom vlny	13
5.1.2	Ohyb vlny	14
5.1.3	Pohlčení vlny	15
5.1.4	Energetická bilance	15
5.2	Význam krycích mřížek	16
5.3	Kytarové reproduktory	16
5.4	Průzkum trhu	17
5.4.1	Marshall	17
5.4.2	Blackstar	17
5.4.3	Engl	17
5.4.4	Orange	18
5.4.5	Laney	18
6	Měření	20
6.1	Bezodrazová komora	20
6.2	Popis vlastního měření	21
6.2.1	Postup měření amplitudových frekvenčních charakteristik	21
6.2.2	Postup měření směrových charakteristik	22
6.2.3	Doplňující měření	23
6.3	Měřené materiály	23
7	Ukázky naměřených charakteristik	27
7.1	Šumové pozadí bezodrazové místnosti	27
7.2	Útlumové charakteristiky a měrové charakteristiky	27
7.3	Vliv loga ENGL na amplitudovou fr. charakteristiku v přímém směru	33
7.4	Vliv krycí mřížky na amplitudovou fr. charakteristiku výškového reproduktoru v přímém směru	34
7.5	Zhodnocení výsledků měření	36
8	Závěr	38
	Reference, použitá literatura	40
	Přílohy	42
	A Materiály, charakteristiky	42
	B Výškový reproduktor	58

Seznam obrázků

2.1	Flemingovo pravidlo levé ruky	4
2.2	Řez elektrodynamickým reproduktorem s kuželovou membránou, převzato s úpravami z [5]	5
3.1	Frekvenční charakteristika kytarového reproduktoru Celestion Vintage 30 udávaná výrobcem	7
3.2	Impedanční charakteristika kytarového reproduktoru Celestion V30, vyznačení jmenovité impedance	10
4.1	Základní typy ozvučnic	12
5.1	Odraz a lom akustického paprsku	14
5.2	Huyghensův princip	15
5.3	Difrakce na otvoru	15
5.4	Dopad energie akustické vlny na překážku	16
5.5	Příklady reproboxů Marshall, převzato z [14]	17
5.6	Příklady reproboxů Blackstar převzato z [14]	18
5.7	Příklady reproboxů Engl, převzato z [15]	18
5.8	Příklady reproboxů Orange, převzato z [14]	18
5.9	Příklady reproboxů Laney, převzato z [14]	19
6.1	Bezodrazová komora ZČU – měření amplitudové frekvenční charakteristiky v deskové ozvučnici	21
6.2	Měření amplitudové frekvenční charakteristiky v uzavřené ozvučnici	22
6.3	Uzavřená ozvučnice s logem ENGL	23
6.4	Měření výškového reproduktoru firmy Xavian	24
6.5	Blokové schéma měření amplitudové frekvenční a směrové charakteristiky charakteristiky	26
6.6	Pracovní prostředí softwaru Labshop – měření amplitudové frekvenční charakteristiky	26
6.7	Měřicí pracoviště	26
7.1	Šumové pozadí v bezodrazové komoře, měření v deskové ozvučnici	27
7.2	Útlumové charakteristiky speciálních průzvučných tkanin – FFT analýza	28

7.3	Útlumové charakteristiky běžných tkanin – FFT analýza	29
7.4	Útlumové charakteristiky kovových krycích mřížek – FFT analýza	30
7.5	Směrové charakteristiky kovových mřížek: PC2 – Plech čtvercové otvory(3 mm), DS1 – Drátěné síto, TO3 - Tahokov kruhová oka (3x1,85mm)	31
7.6	Směrové charakteristiky krycích tkanin: PH1 – Profesionální – Hrubá (Oranžová), PJ2 – Profesionální – Jemná (Modrá), Bavlna	32
7.7	Vliv umístění reklamního loga Firmy ENGL	33
7.8	Vliv tkaninových látek, materiál: Bavlna, PH1 - Profesionální – Hrubá (Oranžová), vzdálenost: (2 cm)	34
7.9	Vliv kovových mřížek, materiál: PO2 – Plech kulaté otvory (10 mm), TK1 – Tahokov kosočtvercové otvory (3x1,85 mm), vzdálenost(2 cm)	34
7.10	Vliv vzdálenosti krycí mřížky, materiál: bavlna	35
7.11	Vliv vzdálenosti krycí mřížky, materiál: PO2 – Plech kulaté otvory (10 mm)	35
A.1	Foto – PH1	42
A.2	Útlumová charakteristika, materiál – PH1	42
A.3	Foto – PH2	43
A.4	Útlumová charakteristika, materiál – PH2	43
A.5	Foto – PJ1	44
A.6	Útlumová charakteristika, materiál – PJ1	44
A.7	Foto – PJ2	45
A.8	Útlumová charakteristika, materiál – PJ2	45
A.9	Foto – PM, převzato z [16]	46
A.10	Útlumová charakteristika, materiál – PM	46
A.11	Foto – Kanava	47
A.12	Útlumová charakteristika, materiál – Kanava	47
A.13	Foto – Bavlna	48
A.14	Útlumová charakteristika, materiál – Bavlna	48
A.15	Foto – Polyester	49
A.16	Útlumová charakteristika, materiál – Polyester	49
A.17	Foto – PC1	50
A.18	Útlumová charakteristika, materiál – PC1	50
A.19	Foto – PC2	51
A.20	Útlumová charakteristika, materiál – PC2	51
A.21	Foto – PO1	52
A.22	Útlumová charakteristika, materiál – PO1	52
A.23	Foto – PO2	53
A.24	Útlumová charakteristika, materiál – PO2	53
A.25	Foto – TK1	54
A.26	Útlumová charakteristika, materiál – TK1	54
A.27	Foto – TK2	55

A.28 Útlumová charakteristika, materiál – TK2	55
A.29 Foto – TO1	56
A.30 Útlumová charakteristika, materiál – TO1	56
A.31 Foto – DS1	57
A.32 Útlumová charakteristika, materiál – DS1	57
B.1 Datasheet zakázkového reproduktoru firmy Xavian	58

Seznam tabulek

6.1	Použité měřicí přístroje	21
6.2	Použité materiály pro krycí mřížky a jejich parametry	25
A.1	Specifikace materiálu – PC1	50
A.2	Specifikace materiálu – PC2	51
A.3	Specifikace materiálu – PO1	52
A.4	Specifikace materiálu – PO2	53
A.5	Specifikace materiálu – TK1	54
A.6	Specifikace materiálu – TK2	55
A.7	Specifikace materiálu – TO2	56
A.8	Specifikace materiálu – DS1	57

Seznam symbolů a zkratek

FFT	Fast Fourier Transformation. Rychlá Fourierova transformace.
λ	Vlnová délka

1

Úvod

U kytarových reproduktorů jsou krycí mřížky nedílnou součástí soustavy. Mřížka plní funkci ochrany před vlivem okolního prostředí a zároveň představuje překážku v cestě šíření akustického signálu reproduktoru. Při výběru kytarového reproduktoru se obvykle dozvíme jeho základní parametry, jako jsou například hmotnost, citlivost, výkon a frekvenční rozsah. Někteří výrobci udávají i materiál, ze kterého je reprobex vyroben. Parametry krycích mřížek jsou však většinou k nedohledání. Tyto problémy se staly podnětem pro vznik bakalářské práce, která má za úkol stanovit přehled používaných krycích mřížek a proměřit jejich vliv na výsledné parametry kytarových reproduktorů.

Zpracování probíhalo v několika krocích. Nejprve bylo nutné provést průzkum trhu s kytarovými reproduktory a na jeho základě pořídit materiály. Dále bylo potřeba vymyslet, jak bude vypadat samotné měření a jakým způsobem se uchytí krycí mřížka na měřený reproduktor. Posledním krokem bylo samotné měření a vyhodnocení výsledků.

Literatury zabývající se vlivem krycí mřížky je k nalezení jen málo. Teoretické znalosti lze získat například studováním principů prostorové akustiky nebo šíření akustického signálu. Okrajově se tematikou zabývá diplomová práce M. Líbalové [10], která se věnuje pouze dvěma materiálům používaným v automobilovém průmyslu. V Diplomové práci M. Allmera [11] je otestována jedna speciální mřížka určená pro reproduktory a jeden pohltivý materiál pro různé typy reproduktorů.

Tato práce je psaná tak, aby si čtenář mohl udělat přehled o dané tematice. Z toho důvodu je zde popsána základní teorie o reproduktorech a jejich parametrech. Dále se práce zabývá základními typy ozvučnic. Důležitou částí je kapitola o vlivu krycí mřížky jakožto překážky v akustickém prostředí. Zbytek práce je věnován popisu samotného měření a vyhodnocení výsledků.

2

Teorie reproduktorů

2.1 Reprodaktor jako elektroakustický měnič

Pod obecným názvem měnič si můžeme představit zařízení, které převádí energii jednoho druhu na energii jiného druhu nebo typ energie zachová, ovšem změní její vlastnosti. Elektroakustické měniče přeměňují energii, mezi elektrickou a mechanickou energií. Pokud se jedná o směr přeměny elektrické energie na mechanickou (akustickou), pak se takovýto měnič nazývá reproduktor. Naopak při směru změny z mechanické energie na elektrickou, se zařízení nazývá mikrofón.

2.2 Dělení reproduktorů

V dnešní době je na trhu nepřehledné množství reproduktorů, proto je dobré vědět, pro jaké účely bude reproduktor využíván. Při nevhodném využití se může stát, že daný reproduktor zničíme nebo nebudeme využívat jeho vlastnosti, za které jsme zaplatili. Příkladem může být použití studiových reproduktorů pro poslech v domácnosti.

2.2.1 Dělení podle způsobu vyzařování

Reproduktory rozdělujeme na dva základní druhy podle toho, jak navazuje kmitací membrána na prostředí, do kterého vyzařuje. Pokud je mezi membránou a prostředím vložen zvukovod, případně akustický obvod, pak tyto reproduktory nazýváme nepřímo vyzařující. Pokud kmitací membrána navazuje bezprostředně na prostředí, do kterého vyzařuje, nazýváme tyto reproduktory přímo vyzařující. [2]

2.2.2 Dělení podle frekvenčního rozsahu

Reproduktor není z konstrukčního hlediska schopen věrně přenášet celý rozsah kmitočtů ze slyšitelného pásma. Toto kmitočtové pásmo je dáno vlastností lidského ucha slyšet za

příznivých podmínek od 20 Hz do 20 kHz. Podle rozsahu přenášených kmitočtů lze tedy reproduktory rozdělit na:

- Výškové reproduktory
- Středové reproduktory
- Basové reproduktory
- Širokopásmové reproduktory

Výškové, středové a basové reproduktory se konstruují se zaměřením na daný rozsah kmitočtového pásma. U širokopásmových reproduktorů se frekvenční pásmo rozšiřuje na úkor vyváženosti amplitudové frekvenční charakteristiky.

2.2.3 Dělení podle konstrukce

Podle konstrukčního principu elektromechanického měniče, na kterém je reproduktor založen, je rozdělujeme na:

- Elektrodynamické reproduktory
- Elektromagnetické reproduktory
- Piezoelektrické reproduktory
- Speciální (tepelné, pneumatické) reproduktory

Následující kapitola je zaměřena pouze na elektrodynamické reproduktory. Je tomu tak proto, že pro měření v praktické části byl použit právě tento typ reproduktoru. Navíc se jedná o nejrozšířenější typ konstrukce.

2.3 Elektrodynamické reproduktory

O tento typ reproduktoru se zasloužili v roce 1924 Ch. W. Rice a E. W. Kellogg [1]. Jedná se, jak již bylo zmíněno, o nejrozšířenější přímo vyzařující reproduktor.

2.3.1 Princip

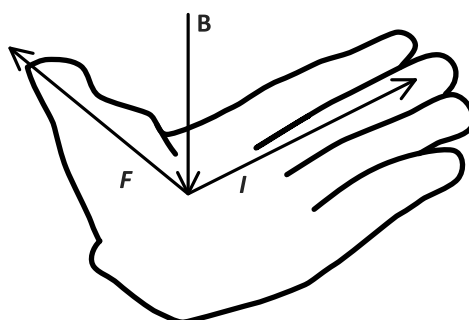
Princip tohoto reproduktoru vyplývá z teorie elektromagnetického pole. Vložíme-li element tenkého vodiče, kterým protéká proud, do homogenního magnetického pole a předpokládáme, že vektor magnetického pole je kolmý na směr proudu, potom na vodič bude působit síla F dle vztahu 2.1.

$$F = \int_0^l B i dl = B l i \quad (2.1)$$

kde:

B	magnetická indukce $[T]$
l	délka vodiče $[m]$
i	okamžitá hodnota proudu $[A]$

Směr síly můžeme určit podle Flemingova pravidla levé ruky. Toto pravidlo říká, že pokud položíme ruku na vodič tak, aby do dlaně vstupovaly indukční čáry a prsty směřovaly ve směru proudu, tak odtažený palec ukazuje směr síly působící na vodič. obr. (2.1). Čerpáno z [1], [3].

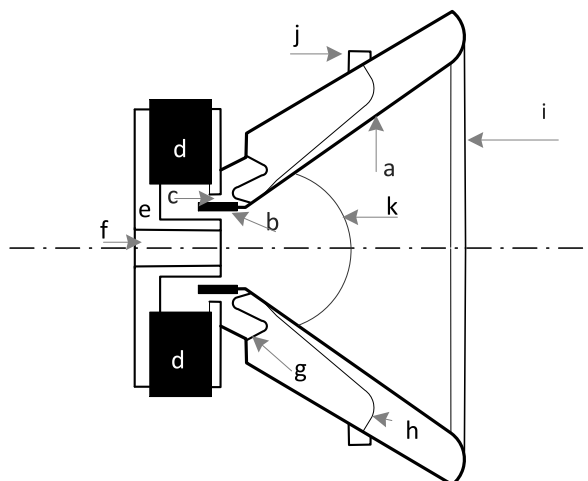


Obr. 2.1: Flemingovo pravidlo levé ruky

Ze vztahu 2.1 vyplývá, že síla F je úměrná proudu, který elementem vodiče prochází. To znamená, že pokud bude proud i proměnný v čase, bude i síla F v čase proměnná. Jelikož je membrána pevně spojena s tímto elementem, respektive s kmitací cívku reproduktoru, bude se vychylovat podle okamžité polarity proudu, který touto cívku prochází.

2.3.2 Konstrukce

Konstrukce elektrodynamického reproduktoru s kuželovou membránou je znázorněna na obr. 2.2. Tento typ membrány je používán právě u kytarových reproduktorů, kterými se bude práce dále zabývat. Kmitací cívka (dále jen cívka) je umístěna ve vzduchové mezeře magnetu. Ten vytváří homogenní magnetické pole. Pístový pohyb, který je potřeba k zředování a zhušťování vzduchu, zajišťuje membrána, která je pevně spojena s cívku a uchycena ke koši. Měla by být co nejvíce tuhá, ale zároveň co nejlehčí. Terminál elektrického připojení spolu s pružnými elektrickými přívody zajišťují napájení cívky. Středící membrána drží cívku s membránou v ose vzduchové mezery magnetu. Díky tomu nedochází k tření cívky o magnetický obvod. Prachovka poskytuje ochranu před vnějšími nečistotami. [5]



Obr. 2.2: Řez elektrodynamickým reproduktorem s kuželovou membránou, převzato s úpravami z [5]

kde:

- | | |
|---|----------------------------|
| a | membrána |
| b | cívka |
| c | vzduchová mezera |
| d | permanentní magnet |
| e | pólové nástavce |
| f | otvor v magnetu |
| g | středící membrána |
| h | pružné přívody pro cívku |
| i | horní závěs membrány |
| j | elektrické přívodní svorky |
| k | prachovka |

3

Parametry reproduktorů

Parametry reproduktorů můžeme rozdělit na:

- Mechanické parametry
- Všeobecné parametry
- Grafické parametry
- Thiele-Small parametry

Mechanické parametry popisují konstrukční vlastnosti reproduktoru. Mezi všeobecné parametry se řadí například jmenovitý výkon, charakteristická citlivost, jmenovitá impedance atd. Grafické parametry určují vzájemnou závislost daných veličin/parametrů, patří sem například směrové a frekvenční charakteristiky. Thiele-Small parametry popisují reproduktor jako elektromechanickou soustavu. [5]

3.1 Jmenovitý příkon

Jmenovitý příkon je definován jako příkon, který daný reproduktor vydrží beze změny vlastností po dobu alespoň sta hodin při napájení speciálním testovacím signálem. Tento signál by měl odpovídat běžnému provoznímu stavu. [6]

3.2 Jmenovitá impedance

Jedná se o nejmenší absolutní elektrickou impedanci ve frekvenčním pásmu, pro které je reproduktor určen obr. (3.2). Hodnota je důležitá, neboť právě při této impedanci je příkon reproduktoru největší. Nejčastější hodnoty od výrobců jsou 4 Ω , 6 Ω , 8 Ω , 16 Ω . [6]

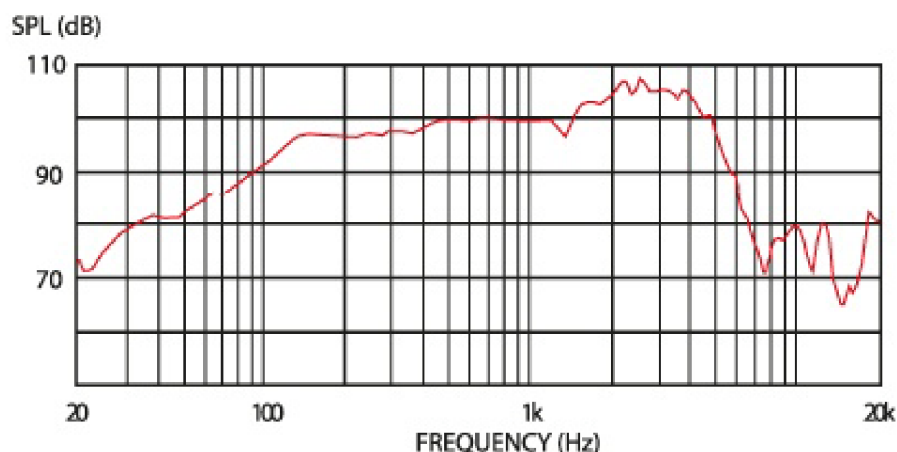
Pro jednoduché orientační zjištění impedance reproduktoru je možné změřit činný (stejnoseměrný) odpor cívky reproduktoru. Naměřená hodnota bude o něco nižší, než jmenovitá impedance. Například pokud změříme 6,2 Ω bude jeho jmenovitá impedance 8 Ω .

3.3 Charakteristická citlivost

Tato veličina definuje akustický tlak, který se vytvoří při zdánlivém výkonu $1VA$ na reproduktoru, měřeném ve vzdálenosti $1m$. Zdánlivý výkon je zde použit proto, že reproduktor se nechová jako čistě odporová zátěž, ale má induktivní charakter. [6]

3.4 Kmitočtová charakteristika amplitudová

Tato kmitočtová charakteristika znázorňuje závislost hladiny akustického tlaku v určitém bodě reproduktoru při konstantním příkonu reproduktoru. Ideální průběh této charakteristiky by vypadal jako rovná přímka přes celý kmitočtový rozsah. Takovýto reproduktor by na všech frekvencích rozsahu hrál stejně nahlas. Na obrázku (3.1) je vidět frekvenční charakteristika udávaná výrobcem kytarového reproduktoru, na němž probíhalo měření. [2]



Obr. 3.1: Frekvenční charakteristika kytarového reproduktoru Celestion Vintage 30 udávaná výrobcem

3.4.1 Měření

Mezi nejvyužívanější metody měření patří měření pomocí šumových signálů. Tyto signály jsou tvořeny překrývajícími se sinusovými signály, u nichž jsou frekvence rozloženy náhodně. V některých literaturách jsou označovány jako multisinusové signály. [12]

Měření pomocí růžového šumu

Spektrální hustota růžového šumu je rovna převrácené hodnotě frekvence, proto je někdy označován jako „ $1/f$ “ šum. Energie tohoto šumu klesá o 3 dB s dvojnásobkem frekvence. Spektrum růžového šumu je ekvivalentní k hudbě. [12]

Pro měření je zapotřebí těchto zařízení:

- Generátor signálu, který je ekvivalentní k růžovému šumu v měřeném pásmu
- Měřený reproduktor
- Měřicí mikrofon
- Dostatečný počet přesných filtrů (minimálně 24 dB/oktávu)
- Záznamové zařízení (analyzátor)

Měřicí mikrofon snímá reproduktorem vyzářený signál. Pomocí 1/3 oktávových filtrů se signál rozdělí. V záznamovém zařízení jsou data zpracována. Hodnoty se vynášejí jako závislost akustického tlaku (vztažná hodnota $20 \mu\text{Pa}$) na frekvenci. S výsledky by měla být uvedena data popisující konfiguraci měření. [7]

Měření pomocí bílého šumu

Bílý šum má v ideálním případě rovnoměrně rozloženou výkonovou hustotu v celém spektru. Při měření pomocí tohoto signálu může dojít k snadnému přetížení reproduktoru a to může ovlivnit správnost výsledků. [12]

Pro měření je zapotřebí těchto zařízení:

- Generátor signálu, který je k ekvivalentní bílému šumu v měřeném pásmu
- Měřený reproduktor
- Měřicí mikrofon
- Záznamové zařízení (analyzátor)

Měřicí mikrofon snímá reproduktorem vyzářený signál. V záznamovém zařízení probíhá analýza změřeného signálu pomocí algoritmu FFT (Fast Fourier transform). Hodnoty se vynášejí jako závislost akustického tlaku (vztažná hodnota $20 \mu\text{Pa}$) na frekvenci. S výsledky by měla být uvedena data popisující konfiguraci měření. [7]

3.5 Směrová charakteristika

Tato charakteristika udává závislost hladiny akustického tlaku na úhlu otočení od referenční osy reproduktoru. Reproduktor totiž nevyzařuje akustickou energii na všech kmitočtech stejně směrově. Na nižších frekvencích reproduktor vyzařuje relativně do všech směrů. Charakteristika je pak v polárních souřadnicích reprezentována jako kulová. S rostoucí frekvencí se směrovost reproduktoru zvyšuje. [2]

3.5.1 Měření

Měření by mělo probíhat v podmínkách volného pole. Jako měřicí signál lze využít buď sinusový nebo šumový signál. Pro měření je zapotřebí těchto zařízení:

- Generátor signálu
- Měřený reproduktor
- Měřicí mikrofony, otočné zařízení
- Záznamové zařízení (analyzátor)

Konfiguraci měření lze zrealizovat pomocí otočného zařízení a jednoho mikrofону, nebo za pomoci soustavy mikrofónů umístěné na kružnici stejného poloměru. Změřené hodnoty se vynášejí jako závislost akustického tlaku (vztažná hodnota $20 \mu\text{Pa}$) na úhlu otočení od referenční osy. S výsledky by měla být uvedena data popisující konfiguraci měření. [7]

3.6 Kmitočtová charakteristika impedanční

Impedance reproduktoru (dále jen impedance) není na rozdíl od jmenovité impedance jeden údaj. Impedance je kmitočtově závislá veličina. Z rovnice 3.1 je patrné, že impedance má svoji činnou a jalovou složku. Impedance je tedy reprezentována jako komplexní číslo.[5]

$$Z = Re + jXr \quad (3.1)$$

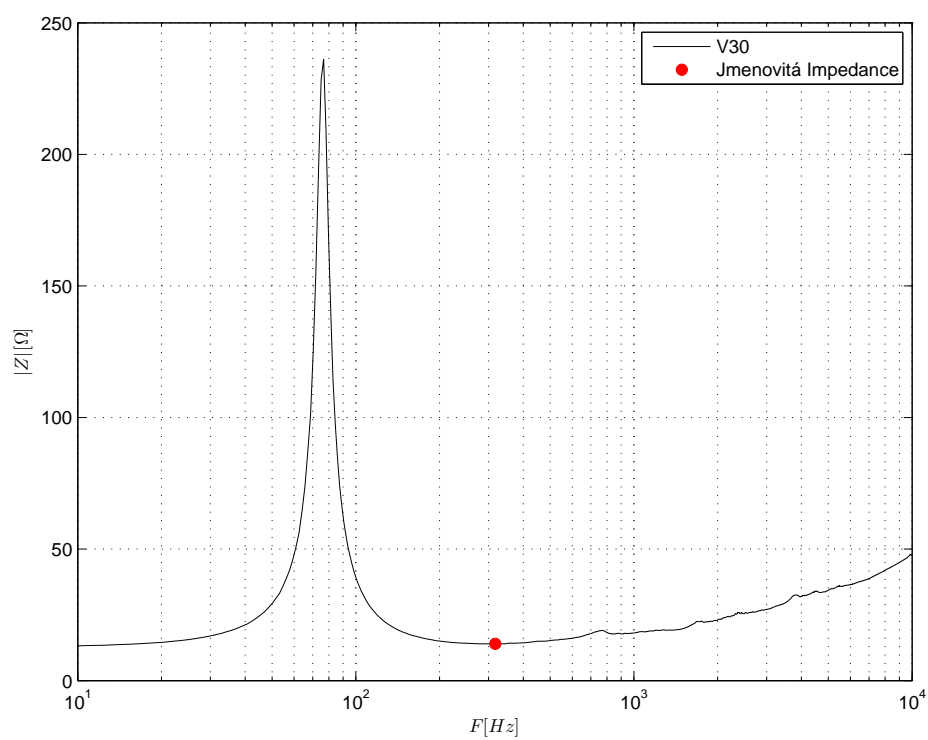
$$|Z| = \sqrt{Re^2 + jXr^2} \quad (3.2)$$

kde:

Re činná složka impedance [Ω]

Xr jalová složka impedance [Ω]

Do kmitočtové impedanční charakteristiky obr. (3.2) vynášíme absolutní hodnoty Z , podle vztahu 3.2.



Obr. 3.2: Impedanční charakteristika kytarového reproduktoru Celestion V30, vyznačení jmenovité impedance

4

Ozvučnice

Ozvučnice můžeme rozdělit do těchto základních skupin:

- Rovinná desková ozvučnice
- Otevřená ozvučnice
- Uzavřená ozvučnice
- Ozvučnice typu bassreflex

V této části práce je čerpáno z [2], [6], [5].

4.1 Význam ozvučnice

Hlavním úkolem ozvučnice je zamezit jevu, který se nazývá akustický zkrat. Ten nastává, pokud se v prostoru potkají dvě akustické vlny (dále jen vlny) s opačnou fází. Při pohledu na konstrukci obr. (2.2) je zřejmé, že membrána má svoji přední a zadní stranu. Každá z nich při vychýlení membrány vyzařuje jednu vlnu. Například pokud se membrána bude pohybovat směrem od koše reproduktoru, bude se před ní vzduch stlačovat a za ní zředňovat. Tyto dvě vlny vyzářené přední a zadní stranou reproduktoru jsou tedy v protifázi. Největší problém nastává tehdy, pokud zvuková vlna má větší vlnovou délku, než je průměr membrány, tedy v případě nízkých kmitočtů. V určitých bodech se vlny potkají a sečtou, respektive se odečtou, a výsledkem je ticho, tedy akustický zkrat. Tomuto jevu, jak již bylo řečeno, se lze bránit právě použitím ozvučnic.

4.2 Desková ozvučnice

Desková ozvučnice je nejjednodušší provedení ozvučnice obr. (4.1-a). V ideálním případě by měla být nekonečně dlouhá, aby dokonale rozdělila prostor na dva poloprostory. Toto rozdělení zajistí, že se vlny nemohou setkat. To je ovšem v praxi nerealizovatelné. Zvětšení desky znamená posunutí mezního kmitočtu, při němž nastane akustický zkrat, k nižším frekvencím.

4.3 Otevřená ozvučnice

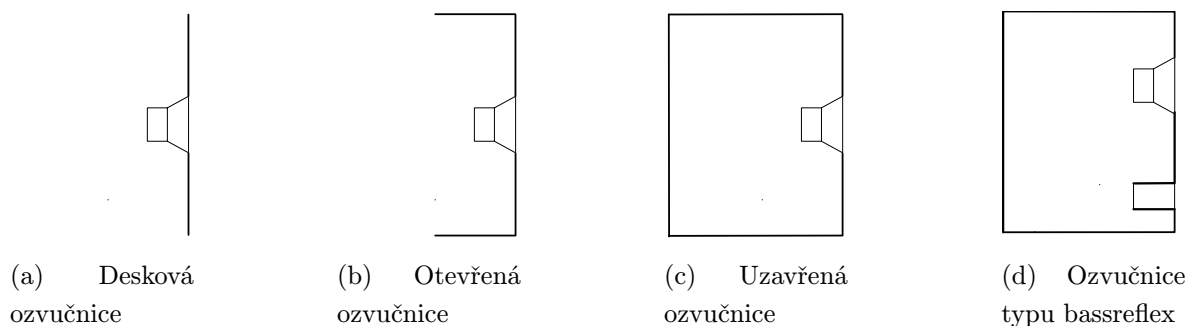
U otevřené ozvučnice obr. (4.1-b) je vznik akustického zkratu omezen hloubkou ozvučnice. Zvětšování hloubky ozvučnice má negativní vliv na kmitočtovou charakteristiku. Na určité části kmitočtu dochází k vlastní rezonanci skříně a tím se zvětšuje zvlnění kmitočtové charakteristiky.

4.4 Uzavřená ozvučnice

Uzavřená nebo také skříňová ozvučnice obr. (4.1-c) rozděluje prostor tak, že přední vlna se šíří do prostoru k posluchači a zadní vlna se šíří do vnitřku ozvučnice. Úkolem ozvučnice je co nejdokonaleji potlačit, respektive přeměnit energii zadní vlny vyzářené reproduktorem na teplo. Zadní vlna se tak do prostoru, kde vyzařuje přední vlna, vůbec nedostane, samozřejmě pouze za předpokladu neprůzvučnosti materiálu, z kterého je ozvučnice vyrobená. Přináší to s sebou ovšem určité problémy. Uzavřený vzduch působí na membránu jako pneumatická pružina, má určitou tuhost a posunuje rezonanční kmitočet k vyšším frekvencím.

4.5 Ozvučnice typu Bassreflex

Tento princip konstrukce obr. (4.1-d) dokáže využít i zadní vlnu membrány, jejíž energie byla v uzavřené ozvučnici přeměněna na teplo. Do ozvučnice jsou instalovány akustické obvody, které dokáží pro jistý kmitočet otočit polaritu vyzářené vlny o 180° . Konstrukce ozvučnice může vypadat například tak, že zadní vlna je přes tento akustický obvod vyvedena z vnitřku ozvučnice do prostoru k posluchači. Bassreflexová ozvučnice tedy dokáže v jistém omezeném kmitočtovém pásmu využít zadní vlnu membrány pro přenos. U těchto ozvučnic se provádí ladění na určitý kmitočet. Pokud je zařízení správně navrženo, lze tak rozšířit kmitočtový rozsah o část dolních frekvencí.



Obr. 4.1: Základní typy ozvučnic

5

Krycí mřížky kytarových reproduktorů

5.1 Teoretické zkoumání vlivu krycí mřížky

V této kapitole je převážně čerpáno z [8], [9].

Krycí mřížka představuje překážku v cestě šíření akustického vlnění z reproduktoru. Pokud narazí vlnění na překážku, může dojít k následujícím jevům.

- odraz (reflexe) vlny
- lom (refrakce)vlny
- ohyb (difrakce) vlny
- pohlcení (absorpce) vlny

K největší energetické ztrátě dochází, když je překážka ve vzdálenosti lichých násobků $\lambda/4$ šířícího se signálu, v těchto místech má vlna největší energii.

5.1.1 Odraz a lom vlny

Odraz nastává, pokud platí rovnice:

$$\lambda \leq l \tag{5.1}$$

$$\lambda = \frac{c_0}{f} \tag{5.2}$$

kde:

λ	vlnová délka dopadající akustické vlny [m]
l	nejmenší rozměr odrazné plochy [m]
c_0	rychlost šíření zvuku [ms^{-1}]
f	frekvence signálu [Hz]

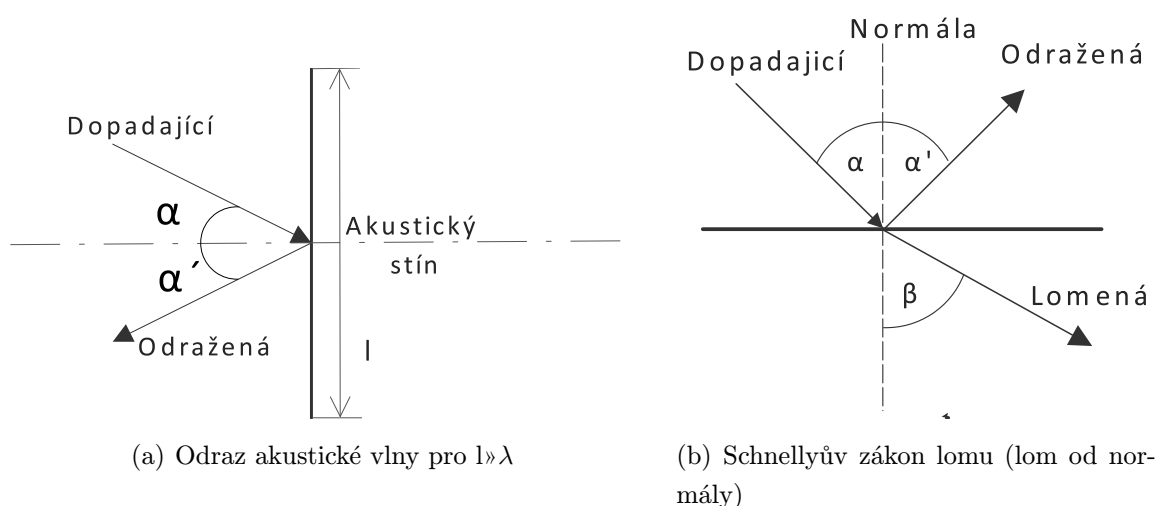
Při uvažování tenké překážky s dokonalou tuhostí a odrazivostí lze říci, že pro kmitočty, které vyhovují rovnici 5.2, vzniká za překážkou akustický stín. Před překážkou dochází k nárůstu akustického tlaku vlivem interferencí odražené a vyzářené zvukové vlny a platí, že úhel dopadu (α) se rovná uhlu odrazu (α') obr. (5.1 – a).

Na rozhraní dvou prostředí s rozdílnou rychlostí šíření vlnění dochází k lomu paprsku akustické vlny obr. 5.1 (b) podle Schnellova zákona:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = n \quad (5.3)$$

kde:

α	úhel dopadu měřený od normály [°]
β	úhel lomu měřený od normály [°]
c_1, c_2	rychlost šíření v prostředí [ms^{-1}]
n	relativní index lomu [-]

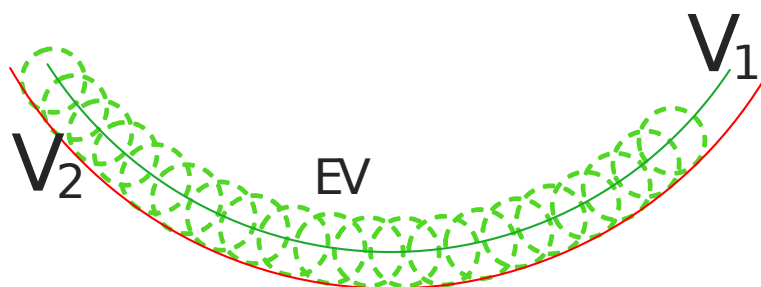


Obr. 5.1: Odraz a lom akustického paprsku

5.1.2 Ohyb vlny

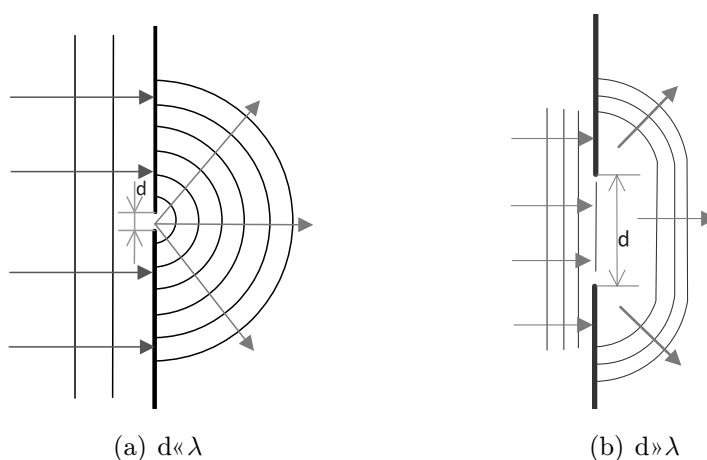
Tento jev nastává, pokud je λ srovnatelná s rozměry překážky. Ohyb lze popsat pomocí Huygensova principu obr. (5.4), který říká, že každý bod vlnoplochy (V_1), do které dorazí vlna za čas t_1 , se chová jako nový elementární zdroj vlnění. Okolo tohoto bodu se vytvoří nová elementární vlnoplocha (E_V). Vnější obalová plocha jednotlivých elementárních vlnoploch určuje následující vlnoplochu (V_2) v čase t_2 , kde $t_1 < t_2$.

Narazí-li rovinná akustická vlna na překážku, ve které se nachází otvor, a λ bude mnohem větší, než je velikost otvoru, pak se z otvoru za překážku podle Huyghensova



Obr. 5.2: Huyghensův princip

principu šíří nová akustická vlna, která ovšem už není rovinná, ale vykazuje kulový charakter 5.3(a). Bude-li vlnová délka mnohem menší nebo srovnatelná s velikostí otvoru, tak vlny procházejí skrz, ovšem částečně se ohýbají kolem hran překážky obr. 5.3(b). [8].



Obr. 5.3: Difrakce na otvoru

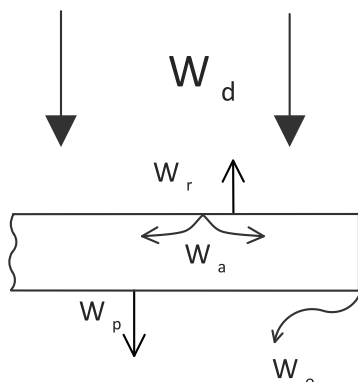
5.1.3 Pohlčení vlny

K pohlčení části dopadající energie dochází vlivem přeměny energie na teplo. Množství ztracené energie závisí na vlastnostech překážky. Poměr pohlčené vlny k energii dopadající pohlčené určuje činitel pohltivosti, který by měl být u speciálních průzvučných látek co nejmenší.

5.1.4 Energetická bilance

Podle zákona o zachování energie musí platit, že energie dopadající na překážku (Wd) se rovná součtu všech jednotlivých složek, na které se tato energie rozložila.

$$Wd = W_o + Wa + Wr + Wp \quad (5.4)$$



Obr. 5.4: Dopad energie akustické vlny na překážku

kde:

W_r	Energie odražené vlny
W_a	Pohlčená energie
W_p	Energie prošlé vlny (může v sobě obsahovat i energii, která vznikne rozkmitáním překážky)
W_o	Energie vlny, u které došlo k ohybu kolem překážky

Z předchozích kapitol vyplývá, že překážka může způsobit změnu hladiny akustického tlaku za překážkou. U kovových mřížek by mohl největší problém způsobit odraz od kovových částí, kde by se odražená vlna interferovala s vlnou přímou. Pokud budeme uvažovat, že kytarový reproduktor hraje přibližně do 5 kHz, tak vlnová délka je přibližně rovná (7 cm). Teoreticky by tedy neměly vadit krycí mřížky, které výrobci používají. U látkových krycích mřížek záleží na pohltivosti použitého materiálu, tuto hodnotu ovšem výrobci kytarových reproboxů neuvádějí.

5.2 Význam krycích mřížek

U elektrodynamických přímo vyzařujících reproduktorů není mezi membránou a prostředím žádný konstrukční prvek, který by mohl membránu ochránit. Krycí mřížka je tedy před reproduktor instalována z důvodu ochrany před vlivem okolního prostředí například při manipulaci, převozech, použití na živých vystoupeních. Výrobci se také samozřejmě snaží, aby mřížka doplňovala soustavu i po designové stránce.

5.3 Kytarové reproduktory

Reproduktory určené pro elektrické kytary se konstruuji 10", 12", výjimečně můžeme narazit i na 15". Frekvenční rozsah je zde omezen zpravidla od 70-80 Hz do 5 kHz. Omezení vysokých frekvencí odlišuje zvuk kytarového reproduktoru od reproduktoru široko-

pásmového. Vykazují charakteristické zesílení v oblasti 2-3 kHz, mají tedy výrazný zvukový projev v oblasti středních frekvencí, kde má lidské ucho nejcitlivější sluchový vjem. Vzhledem k nevelkým požadavkům na míru vyrovnanosti frekvenční charakteristiky je možné u těchto reproduktorů dosáhnout citlivosti kolem 100 dB. Například u reproduktoru Celestion Vintage 30 - 16 Ω , na kterém probíhalo měření, je výrobcem udávaný rozsah 70 – 5000 Hz, a citlivost 100 dB. [13]

5.4 Průzkum trhu

V následující kapitole je uveden stručný přehled výrobců používaných krycích mřížek kytarových reproduktorů. Čerpáno z [14], [15].

5.4.1 Marshall

Firma Marshall používá převážně tkaniny.



(a) Marshall MX122

(b) Marshall 2061CX

(c) Marshall 1960BX

Obr. 5.5: Příklady reproboxů Marshall, převzato z [14]

5.4.2 Blackstar

Firma Blackstar má celou jednu sérii reproboxů zaměřenou na kovový design. U této série se objevuje kovová mřížka, viz obr. (5.6-c). Dále však využívá různé typy tkanin viz, obr. (5.6-a, b).

5.4.3 Engl

Firma Engl se u kytarových reproboxů zaměřuje zejména na kovové mřížky, viz obr. (5.7-a, b). Na jejich stránkách je nyní k nalezení pouze jeden reprobox, u kterého je použita tkanina, viz obr. (5.7-c).



(a) Blackstar HTV-412 A

(b) Blackstar HTV-212 Blue

(c) Blackstar HT Metal 112

Obr. 5.6: Příklady reproboxů Blackstar převzato z [14]

(a) Engl E112R

(b) Engl E112VB

(c) Engl E412AE

Obr. 5.7: Příklady reproboxů Engl, převzato z [15]

5.4.4 Orange

Firma Orange používá především jeden typ tkaniny. Typ této tkaniny je mezi testovanými vzorky. Jeho detailní záběr je na obrázku A.1

(a) Orange PPC108
Black(b) Orange PPC 412
AD**Obr. 5.8:** Příklady reproboxů Orange, převzato z [14]

5.4.5 Laney

Firma Laney má ve své nabídce opět většinu výrobků s látkovou ochranou, viz obr. (5.9-a, b). K nalezení jsou pouze dva typy reproboxů používající plech s čtvercovými otvory,



Obr. 5.9: Příklady reproboxů Laney, převzato z [14]

viz obr. (5.9-c). Podobný plech byl testován, detailní záběr je na obrázku (A.17).
newpage

6

Měření

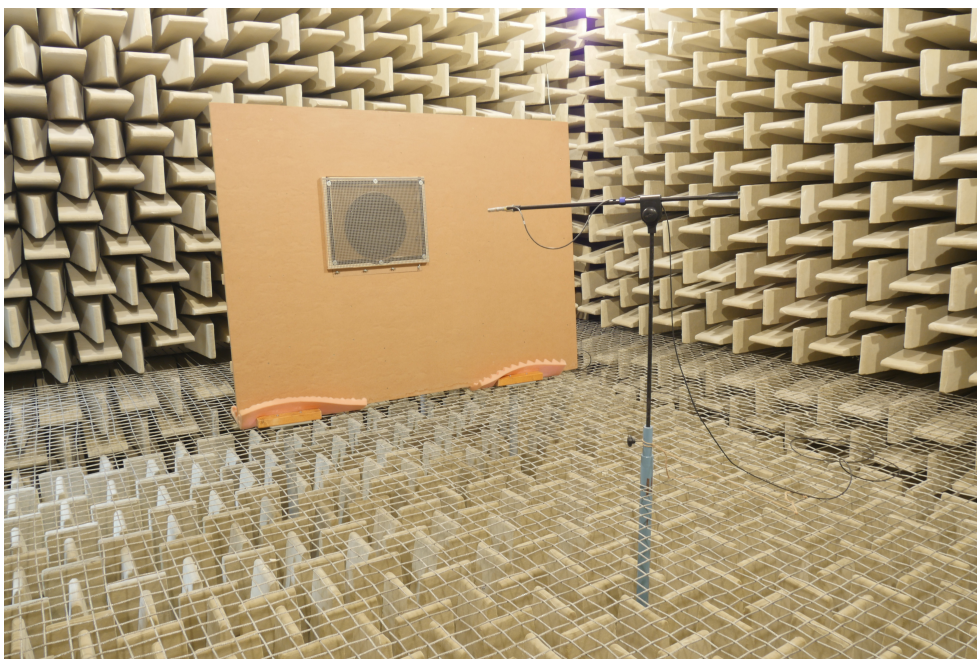
Na základě teoretických předpokladů o šíření zvuku v prostoru popsanych v kapitole 5.1, budou nejspíše vlivem umístění mřížky nebo tkaniny před reproduktor omezeny hlavně vyšší frekvence. K prokázání tohoto předpokladu budou u různých vzorků měřeny amplitudové frekvenční a horizontální směrové charakteristiky.

Akustické pole vytvořené reproduktorem je značně závislé na okolním prostředí. Snaha je tuto závislost co nejvíce omezit, aby nedošlo k ovlivnění výsledků měření. Znamená to zajistit minimální hluk v měřeném prostředí a minimální možnost rušivých odrazů. Tyto podmínky by nejlépe splňovalo volné pole, ve kterém se nevyskytuje žádný jiný zdroj akustických vln a kde není žádná překážka, od které by se měřená vlna mohla odrazit. Podmínky volného pole se simulují v bezodrazových komorách.

6.1 Bezodrazová komora

Bezodrazové komory musí mít takovou strukturu, aby na jejich stěnách docházelo k minimálnímu odrazu akustické vlny. Toho se docílí pokrytím stěn pohltivými materiály, například ve tvaru klínů. Při správném navržení překážek, respektive pohltivých obkladů stěn, se většina akustické vlny neodráží do prostoru zpět, ale postupně zaniká v struktuře obkladů.

Praktické měření pro tuto práci se uskutečnilo v prostorách bezodrazové komory Západočeské univerzity obr. (6.1), která splňuje požadavky normy ČSN EN ISO 3745. Akustický obklad je tvořen 5500 kusy klínů z minerální vaty. Rozměry klínů jsou 200x200x870 mm. Světelné rozměry komory jsou 5 m x 4.1 m x 6.4 m. Komora je určena pro měření od 100 Hz.



Obr. 6.1: Bezodrazová komora ZČU – měření amplitudové frekvenční charakteristiky v deskové ozvučnici

6.2 Popis vlastního měření

Všechny změřené hodnoty jsou dle [7] vztažené k referenční hodnotě akustického tlaku $20 \mu\text{Pa}$. Pro měření byly využity přístroje uvedené v následující tabulce. Číslovaní jednotlivých zařízení odpovídá blokovému schématu 6.5.

1	Analyzátor/generátor	Bruel a Kjaer Pulse 3560C
2	PC	Bez bližších specifikací
3	Mikrofon	Bruel a Kjaer typ 4190
4	Zesilovač	Yamaha CP2000
5	V-metr	Digitální multimetr HP 34401A
6	Kytarový reproduktor	Celestion V-30(16 Ω)
7	Výškový reproduktor	Zakázkový výškový reproduktor firmy Xavian
8	Otočné zařízení	Bez bližších specifikací
9	Řídící jednotka otočného zařízení	Bez bližších specifikací

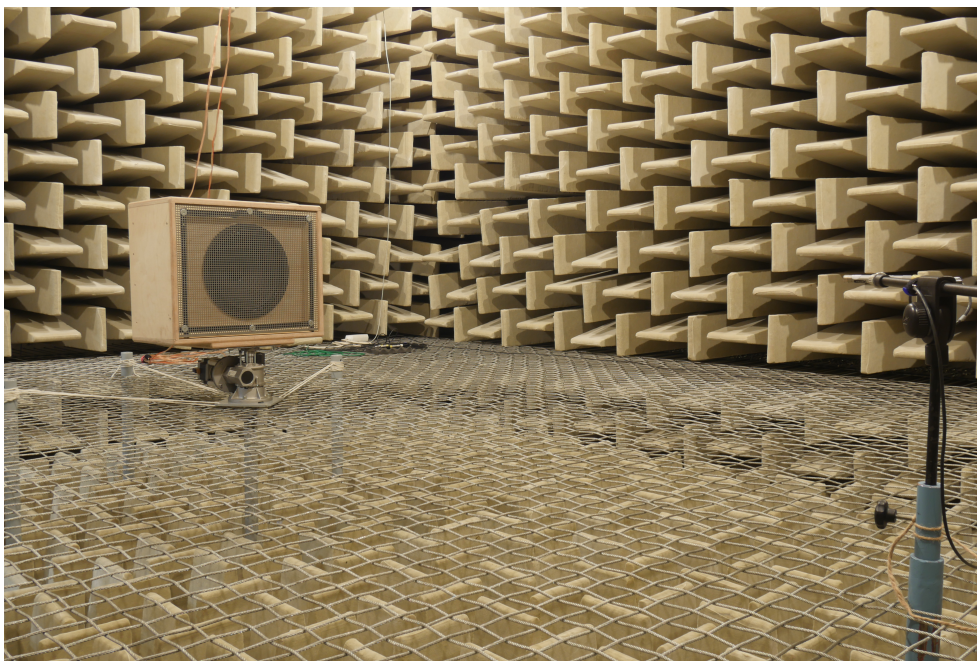
Tab. 6.1: Použité měřicí přístroje

6.2.1 Postup měření amplitudových frekvenčních charakteristik

Celé měření probíhalo za podpory systému od firmy Bruel a Kjaer. Analyzátor Bruel a Kjaer Pulse 3560C sloužil jak pro generování potřebného signálu, tak i pro záznam

hodnot z měřicího mikrofону Bruel a Kjaer typ 4190. Analyzátor má k sobě přidružený software Pulse-Labshop pro PC obr. (6.7), na kterém se nastavují parametry měření. Pomocí výkonového zesilovače Yamaha CP2000 se signál zesílil na požadovaný výkon, který se měřil na výstupu zesilovače pomocí digitálního multimetru HP 34401A. Jako měřicí signál byl využit bílý šum, který je blíže popsán v kapitole 3.4.1. Analyzátor převáděl pomocí algoritmu FFT změřený signál mikrofonom do frekvenční oblasti. Hodnoty z analyzátoru byly exportovány do softwaru Microsoft Exel a dále zpracovány softwarem Matlab. Blokované schéma měření je na obrázku (6.5). Mikrofon byl umístěn v ose reproduktoru ve vzdálenosti 2 m a napájen příkonem 3,5 VA.

Cílem bylo získat útlumovou charakteristiku dané krycí mřížky. Proto proběhlo nejdříve měření s reproduktorem v uzavřené ozvučnici se samotným rámečkem. Tato hodnota se použila jako referenční. Následně proběhlo měření všech typů krycích mřížek. Útlumovou charakteristiku pak udává rozdíl mezi referenční charakteristikou a charakteristikou dané látky.



Obr. 6.2: Měření amplitudové frekvenční charakteristiky v uzavřené ozvučnici

6.2.2 Postup měření směrových charakteristik

Směrové charakteristiky byly měřeny pomocí multitonového signálu, s frekvencemi odpovídajícími středním frekvencím třetinooktávových pásem od 100 Hz do 5 kHz. Hodnoty byly měřeny s krokem 3° pomocí točny synchronizované s analyzátozem. Při měření směrových charakteristik by měla být vzdálenost měřicího mikrofónu rovna alespoň vlnové délce měřeného signálu. Rozměry bezodrazové komory omezují nízké kmitočty, proto byl měřicí mikrofon umístěn ve vzdálenosti dva metry. Větší konfiguraci při měření není možné v bezodrazové komoře ZČU postavit.

6.2.3 Doplnující měření

Doplňující měření byla provedena na základě teoretických poznatků uvedených v kapitole 5.1. Postup při měření byl stejný jako v případě amplitudových frekvenčních charakteristik.

Z kapitoly 5.4 je patrné, že někteří výrobci kytarových reproduktorů umísťují svá reklamní loga do vyzařovací osy reproduktoru. Toto logo je překážkou v šíření akustické vlny, a tudíž může způsobit změnu akustického tlaku v prostoru. Z těchto důvodů bylo provedeno jedno měření zaměřené na originální krycí mřížku a logo firmy ENGL obr. (6.3).

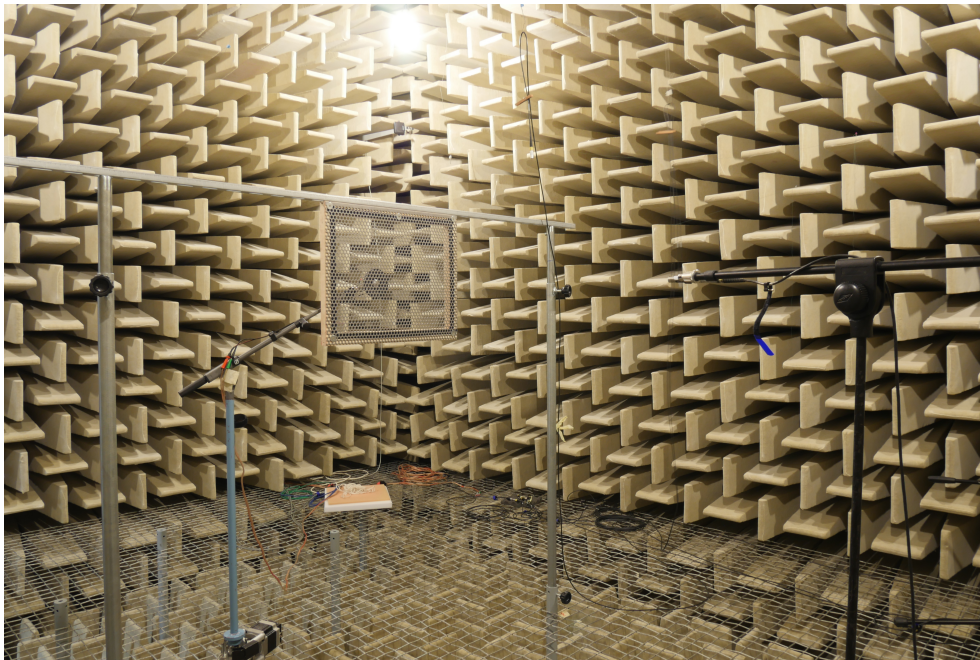


Obr. 6.3: Uzavřená ozvučnice s logem ENGL

Pro přiblížení vlivu krycí mřížky na vyšší frekvence bylo provedeno měření za pomoci výškového reproduktoru s příkonem 1 VA. Měření probíhalo v bodě ležícím na ose reproduktoru vzdáleném od něj 1 m. Postup měření byl stejný jako v případě amplitudové frekvenční charakteristiky. Dále byl proveden experiment vlivu vzdálenosti krycí mřížky od reproduktoru na amplitudovou frekvenční charakteristiku. Konfigurace měření v bezodrazové komoře je patrná z obrázku (6.4).

6.3 Měřené materiály

Podle průzkumu trhu, nastíněném v kapitole 5.4, bylo vybráno několik typů kovových a tkaninových mřížek. Pro tkaninové mřížky byly použity jak profesionální, tak běžně dostupné tkaniny, které jsou k zakoupení v obchodě s látkami. Z kovových materiálů byly vybrány klasické děrované plechy s různými typy děr a různé druhy tahokovů.



Obr. 6.4: Měření výškového reproduktoru firmy Xavian

Pro přehlednost je zavedeno označení, dle tabulky uvedené na následující stránce. Dále jsou v tabulce uvedeny základní parametry materiálů.

,

(a) Děrované plechy

Označení	Typ	Velikost otvorů	Rozteč	Tloušťka materiálu
PC1	Čtvercové otvory	3 mm	5 mm	0,75 mm
PC2	Čtvercové otvory	8 mm	11 mm	1,5 mm
PO1	Kulaté otvory	5 mm	7 mm	1 mm
PO2	Kulaté otvory	10 mm	15 mm	1 mm

(b) Tahokov

Označení	Typ	Délka oka	Šířka oka	Tloušťka materiálu
TK1	Kosočtvercové otvory	3 mm	1,85 mm	0,4 mm
TK2	Kosočtvercové otvory	16 mm	8 mm	0,8 mm
TO1	Kulaté otvory	3 mm	3 mm	0,8 mm

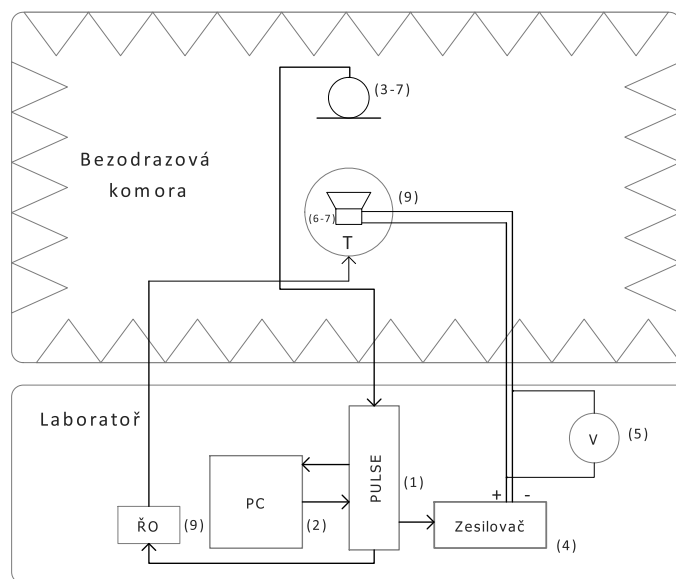
(c) Drátěné síto

Označení	Typ	Velikost oka	Průměr drátu
DS1	Čtvercová oka	15 mm	2 mm

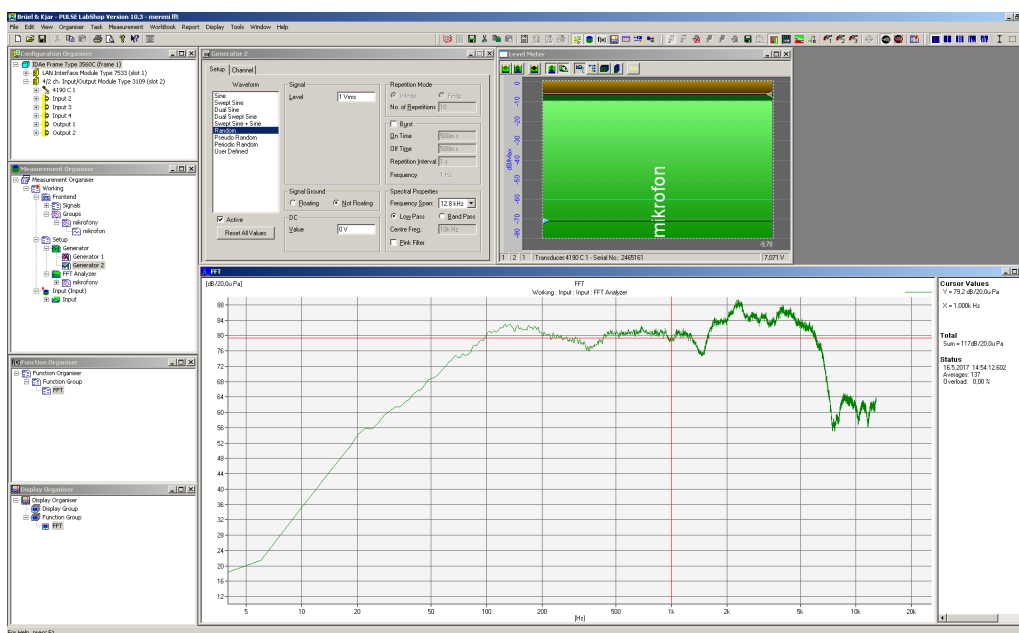
(d) Tkaniny

Označení	Typ
PH1	Profesionální – Hrubá (Oranžová)
PH2	Profesionální – Hrubá (Bílá/Černá)
PJ1	Profesionální – Jemná (Černá)
PJ2	Profesionální – Jemná (Modrá)
PM	Průzvučný molitan
Kanava	Obyčejná – Kanava
Bavlna	Obyčejná – Bavlna
Polyester	Obyčejná – Polyester+Plyš

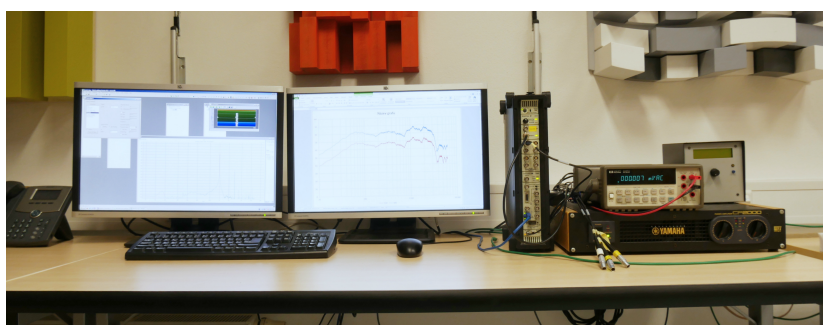
Tab. 6.2: Použité materiály pro krycí mřížky a jejich parametry



Obr. 6.5: Blokové schéma měření amplitudové frekvenční a směrové charakteristiky charakteristiky



Obr. 6.6: Pracovní prostředí softwaru Labshop – měření amplitudové frekvenční charakteristiky



Obr. 6.7: Měřicí pracoviště

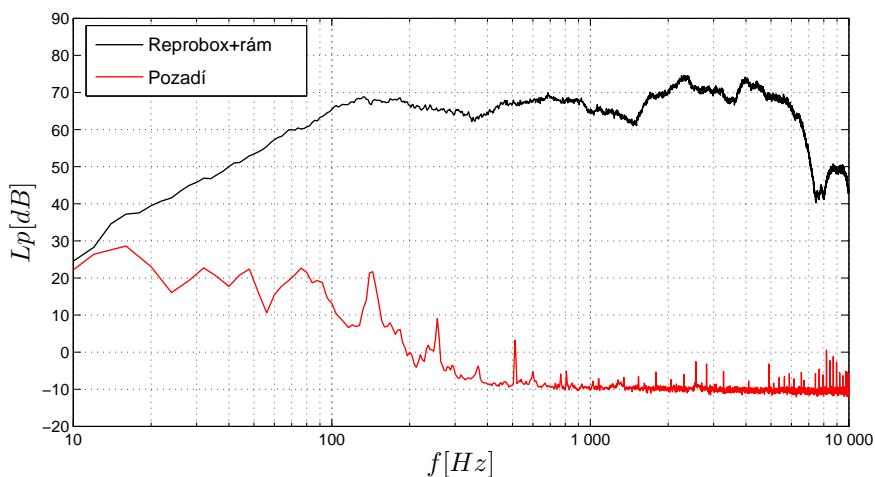
7

Ukázky naměřených charakteristik

Označení ve výsledných grafech odpovídá tabulce 6.2. Fotky jednotlivých materiálů jsou v příloze A.

7.1 Šumové pozadí bezodrazové místnosti

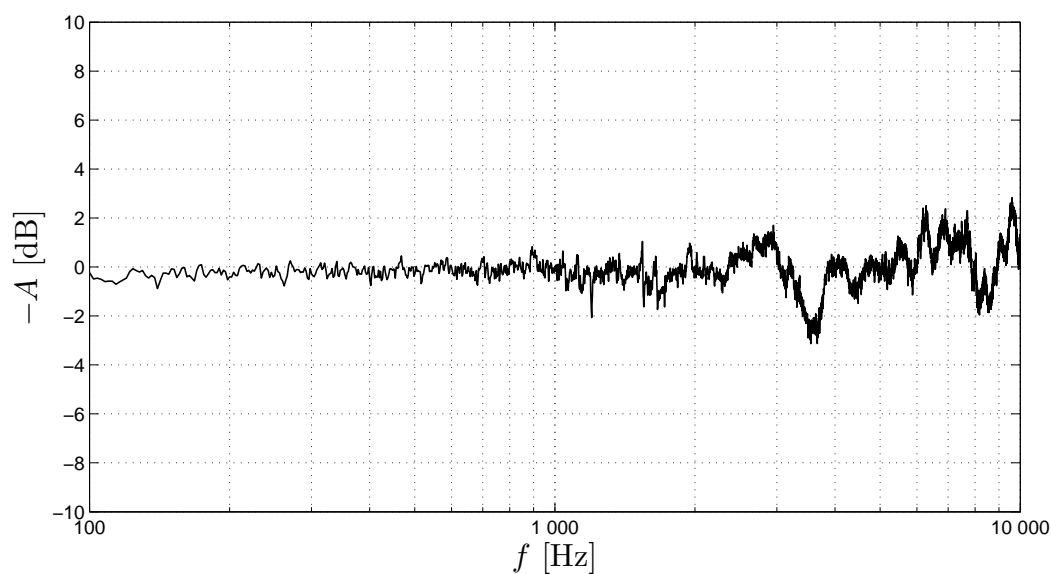
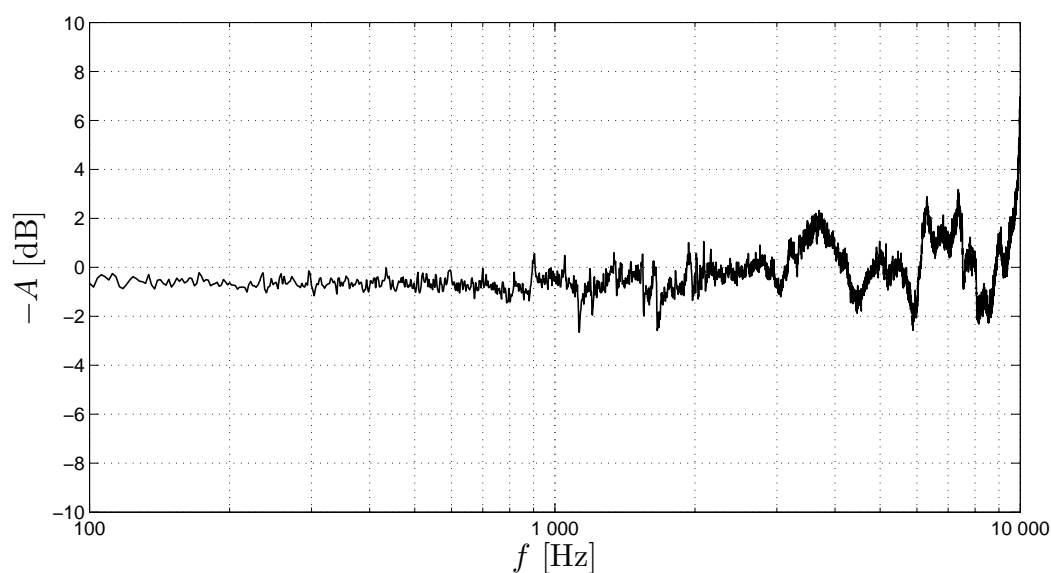
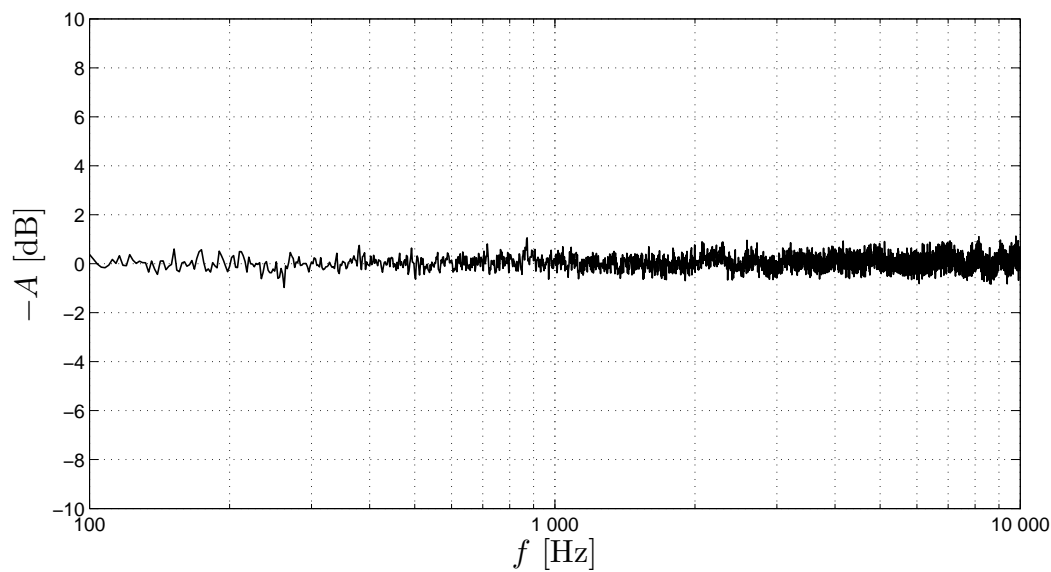
Před samotným měřením různých typů krycích mřížek bylo nutné změřit šumové pozadí místnosti, které by mělo být dle normy [7] menší o 10 dB, než je nejmenší úroveň akustického tlaku ve frekvenčním pásmu, kde mají být měřena relevantní data.



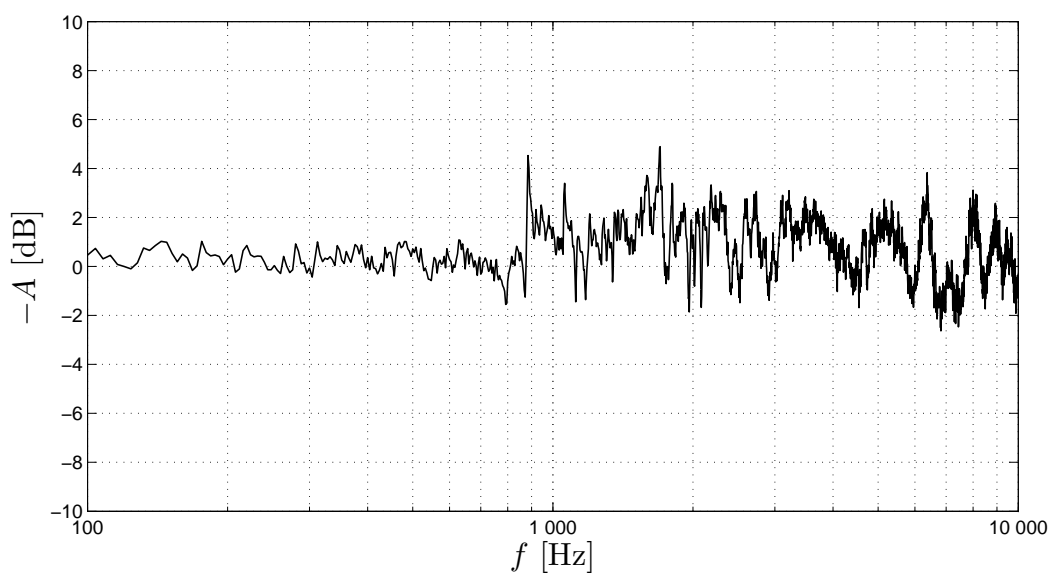
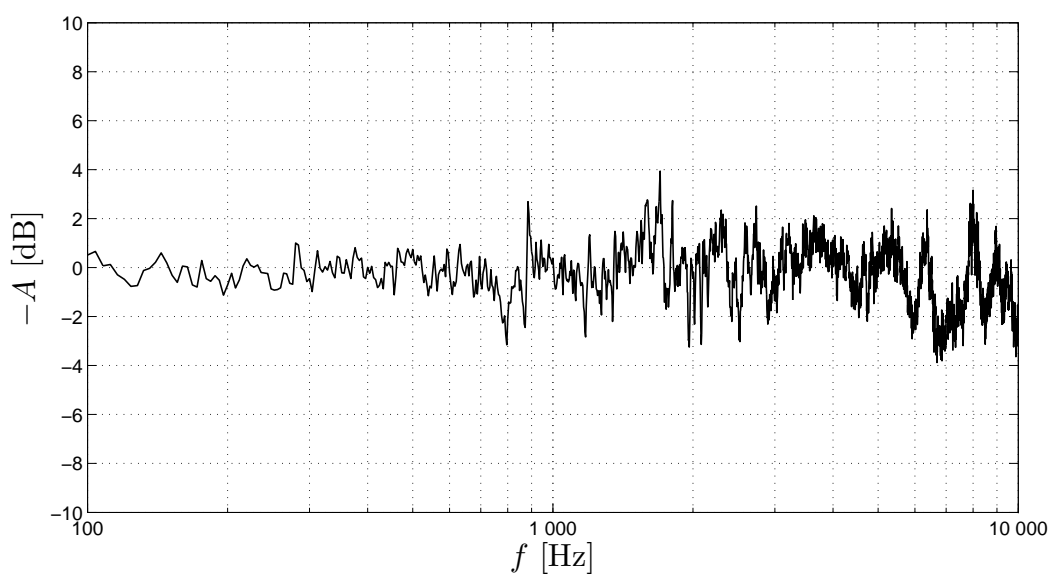
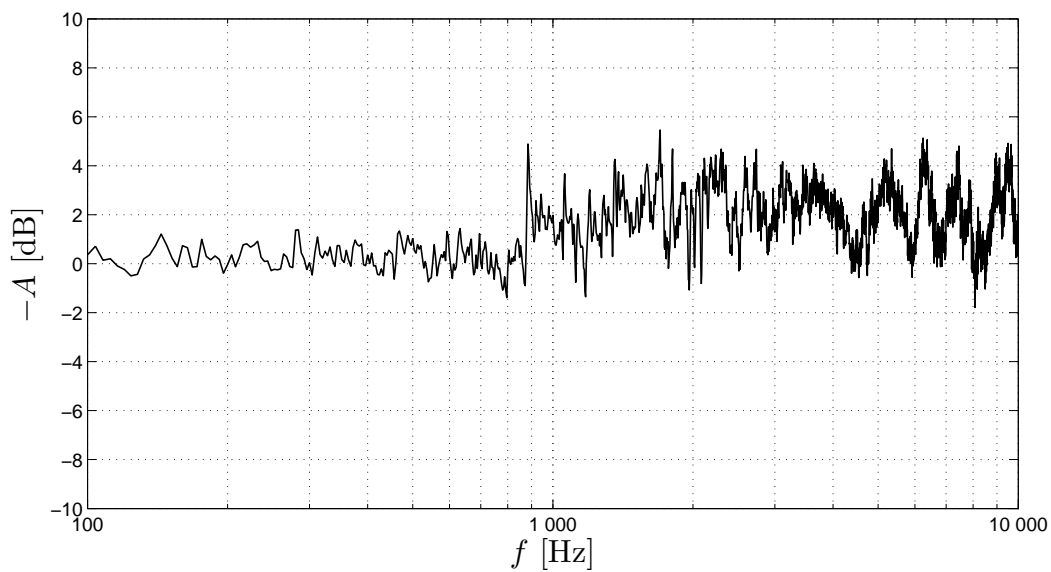
Obr. 7.1: Šumové pozadí v bezodrazové komoře, měření v deskové ozvučnici

7.2 Útlumové charakteristiky a měrové charakteristiky

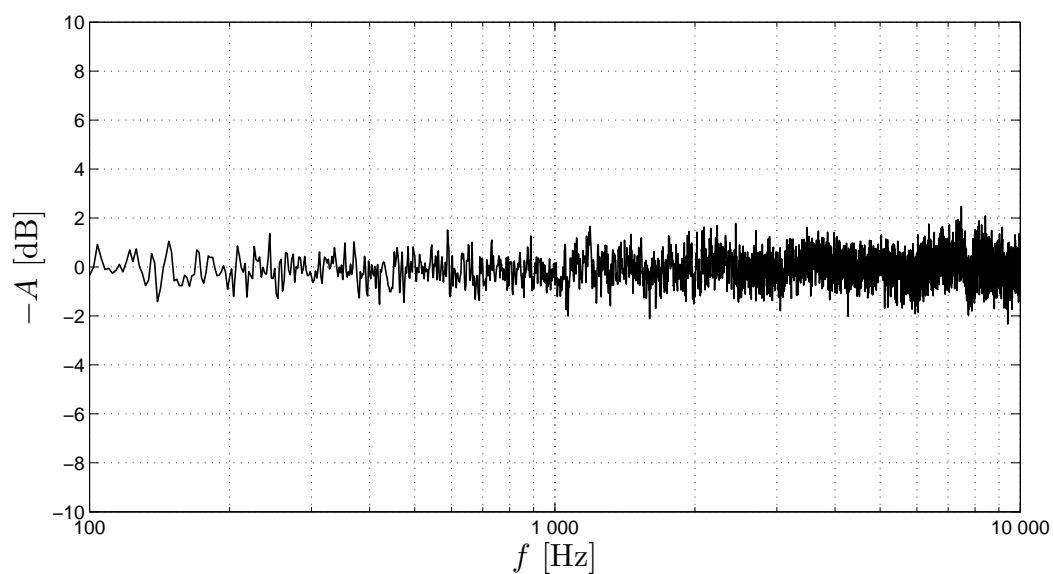
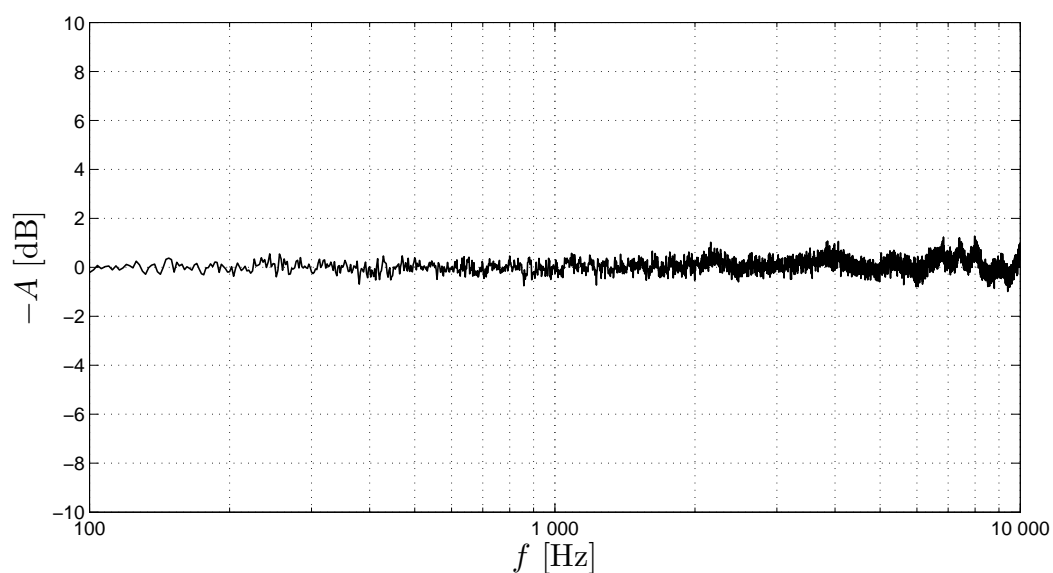
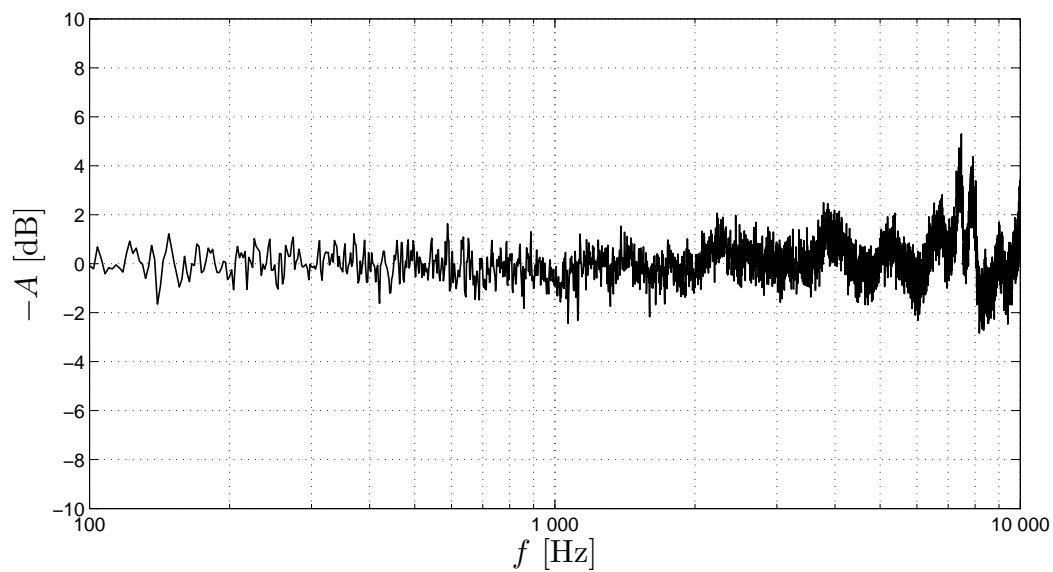
Vykresleny jsou útlumové frekvenční a směrové charakteristiky vybraných kovových/tkaninových mřížek.



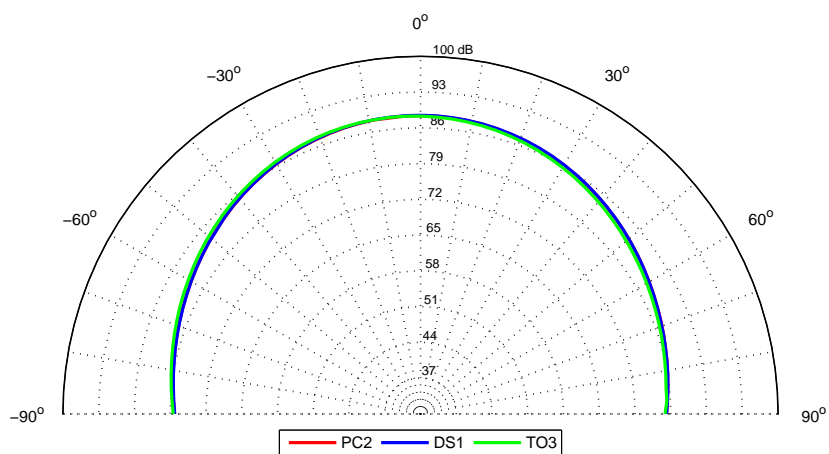
Obr. 7.2: Útlumové charakteristiky speciálních průzvučných tkanin – FFT analýza



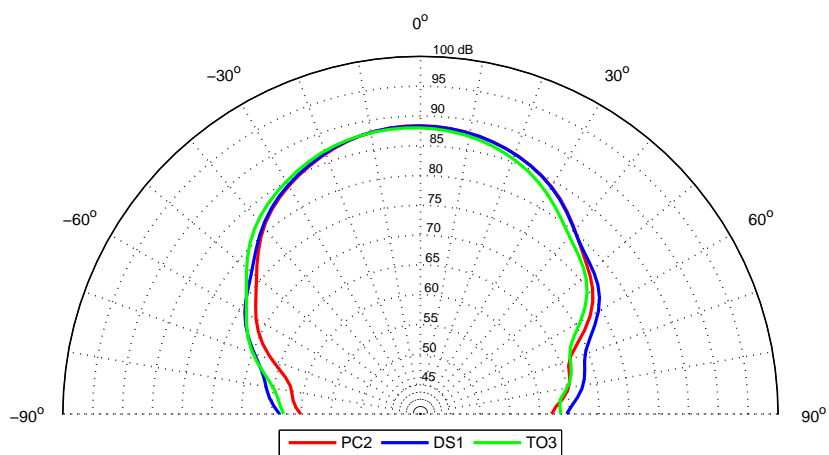
Obr. 7.3: Útlumové charakteristiky běžných tkanin – FFT analýza



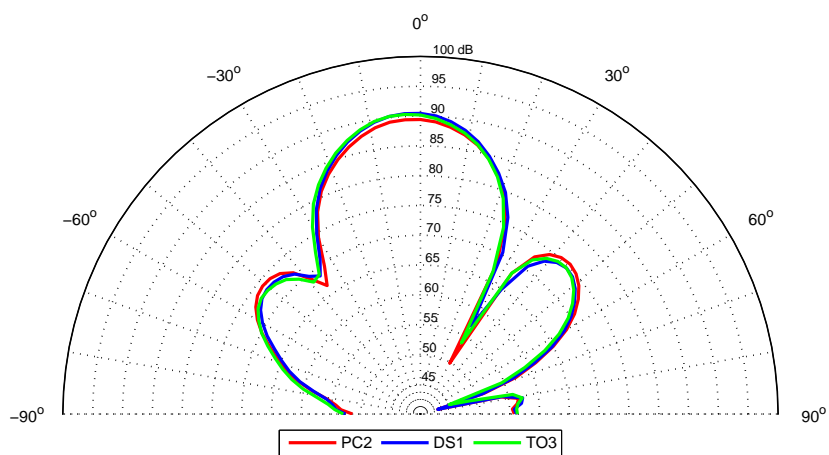
Obr. 7.4: Útlumové charakteristiky kovových krycích mřížek – FFT analýza



(a) 500 Hz

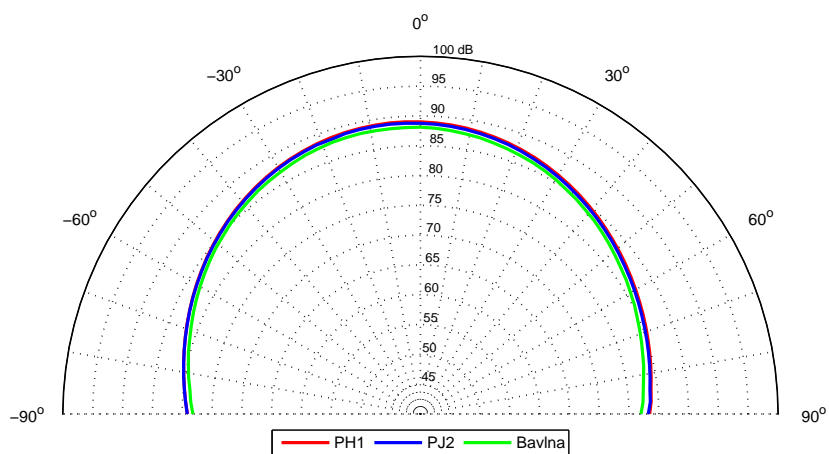


(b) 2000 Hz

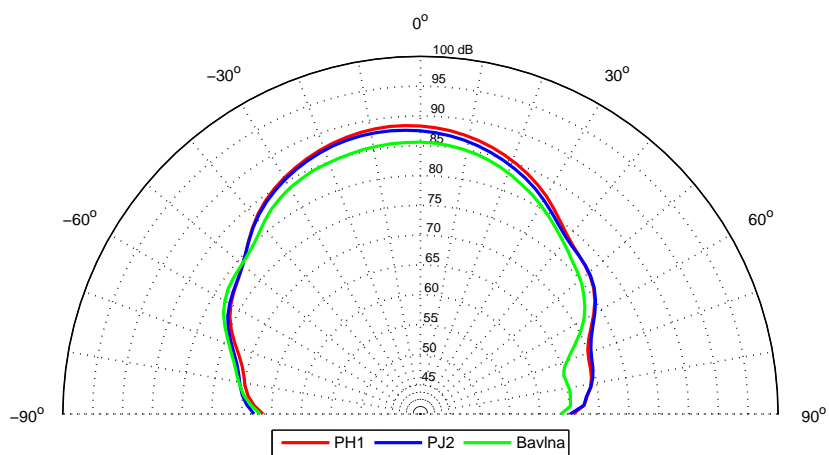


(c) 4000 Hz

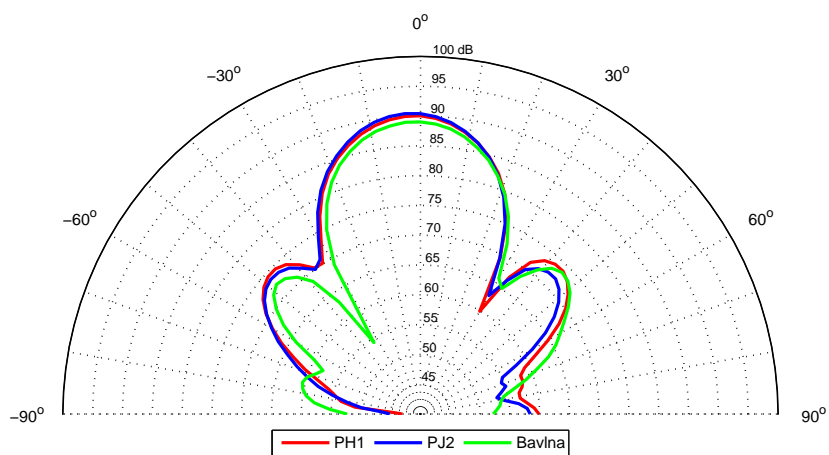
Obr. 7.5: Směrové charakteristiky kovových mřížek: PC2 – Plech čtvercové otvory(3 mm), DS1 – Drátěné síto, TO3 - Tahokov kruhová oka (3x1,85mm)



(a) 500 Hz



(b) 2000 Hz

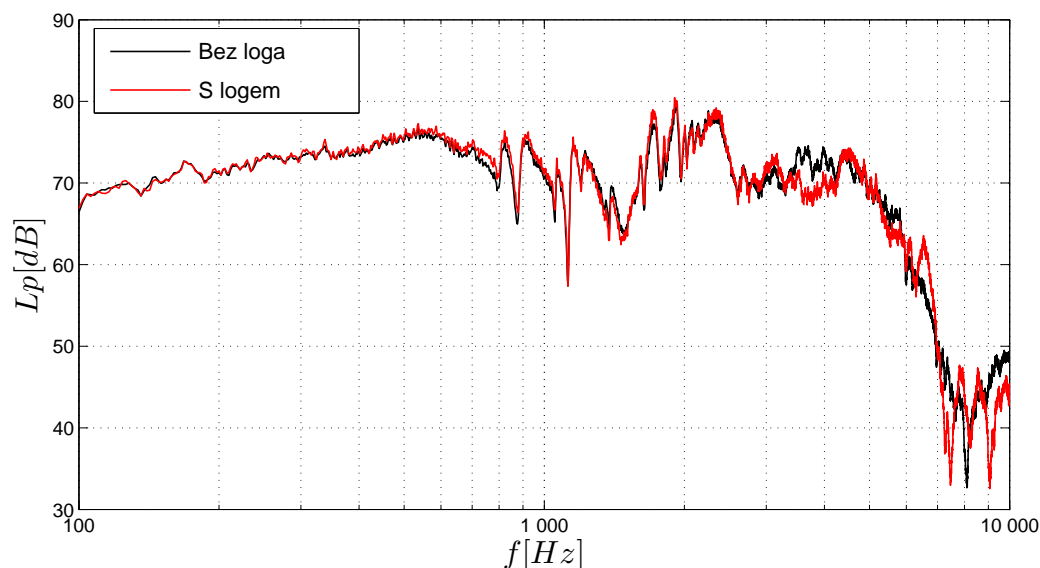


(c) 4000 Hz

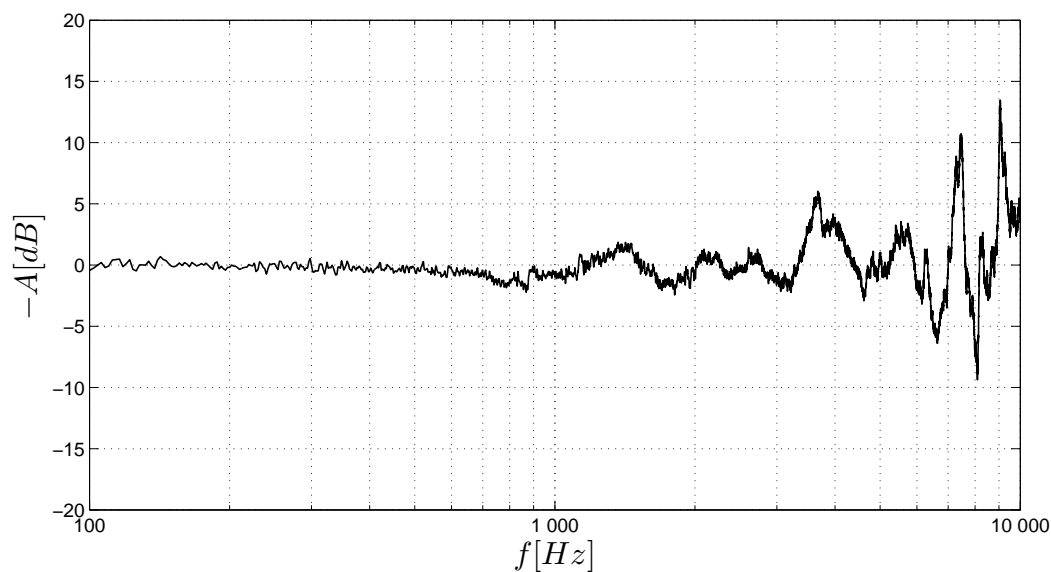
Obr. 7.6: Směrové charakteristiky krycích tkanin: PH1 – Profesionální – Hrubá (Oranžová), PJ2 – Profesionální – Jemná (Modrá), Bavlna

7.3 Vliv loga ENGL na amplitudovou fr. charakteristiku v přímém směru

Měření proběhlo s originální mříží a logem firmy ENGL. Nejdříve byla změřena samotná mříž, následně mříž s logem. Mříž byla namontována přímo na ozvučnici (obr. 6.3)



(a) Amplitudová fr. charakteristika – porovnání uzavřená ozvučnice s rámem bez loga/s logem

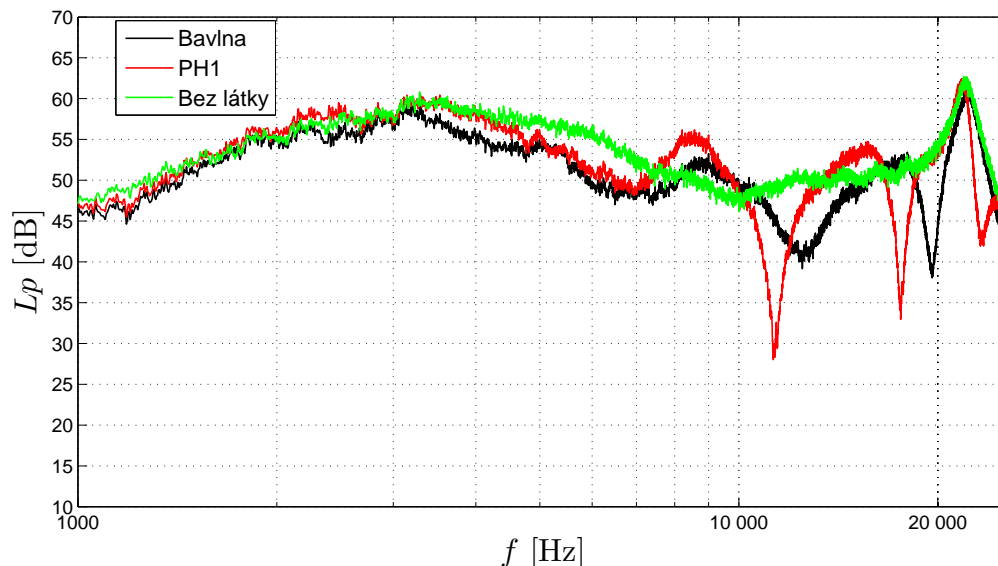


(b) Útlumová charakteristika – logo ENGL

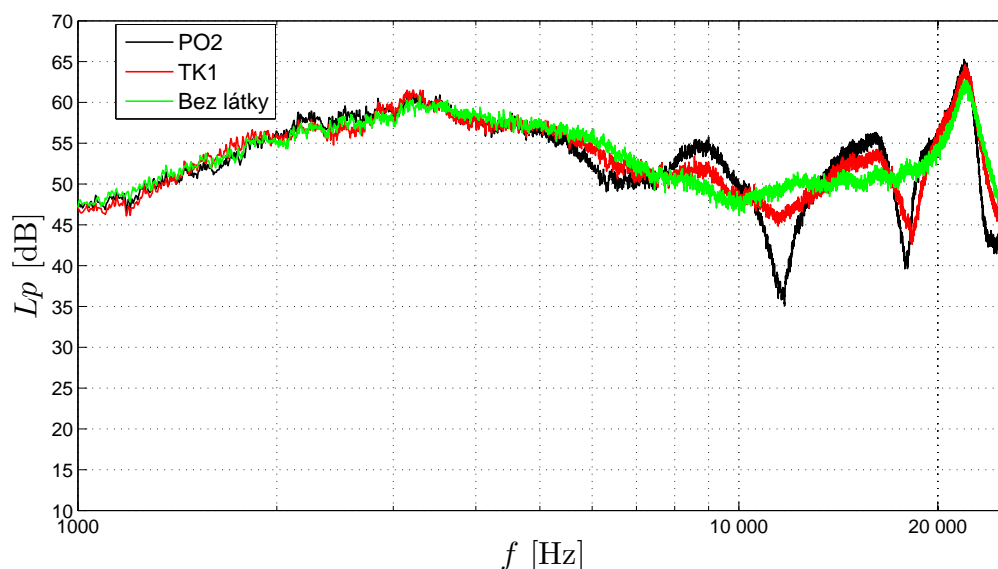
Obr. 7.7: Vliv umístění reklamního loga Firmy ENGL

7.4 Vliv krycí mřížky na amplitudovou fr. charakteristiku výškového reproduktoru v přímém směru

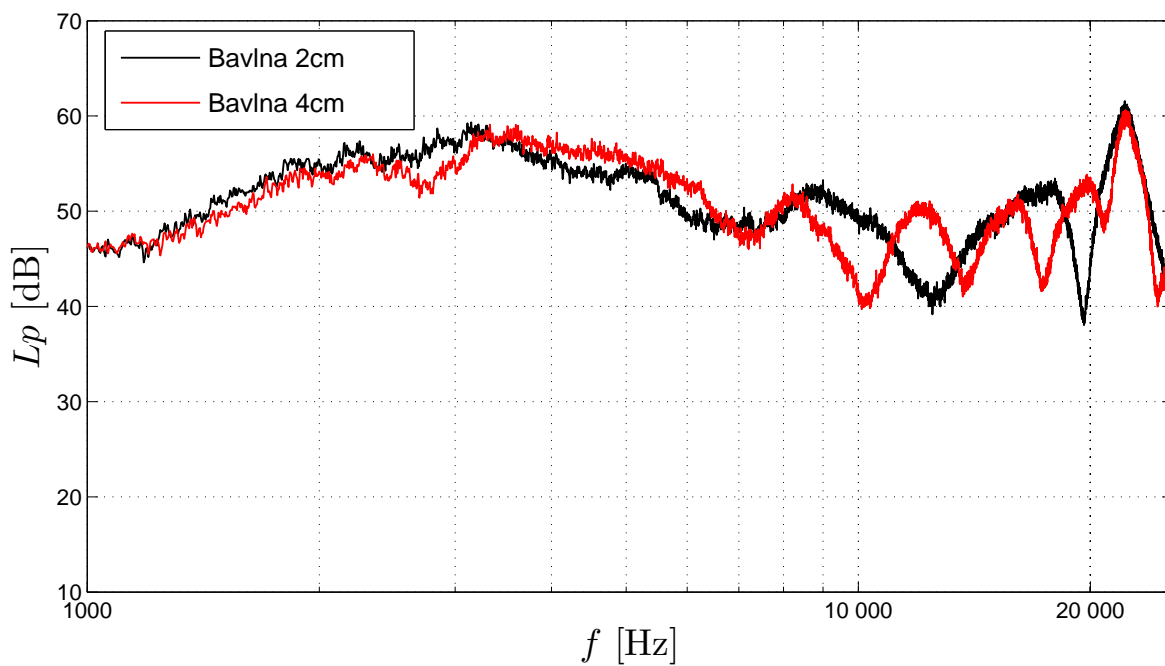
Měření proběhlo na čtyřech vzorcích krycích mřížek. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole 6.2.3, byl zjištěn vliv vzdálenosti překážky od reproduktoru. Proto byly dva materiály proměřeny s různou vzdáleností od krycí mřížky (2 cm, 4 cm).



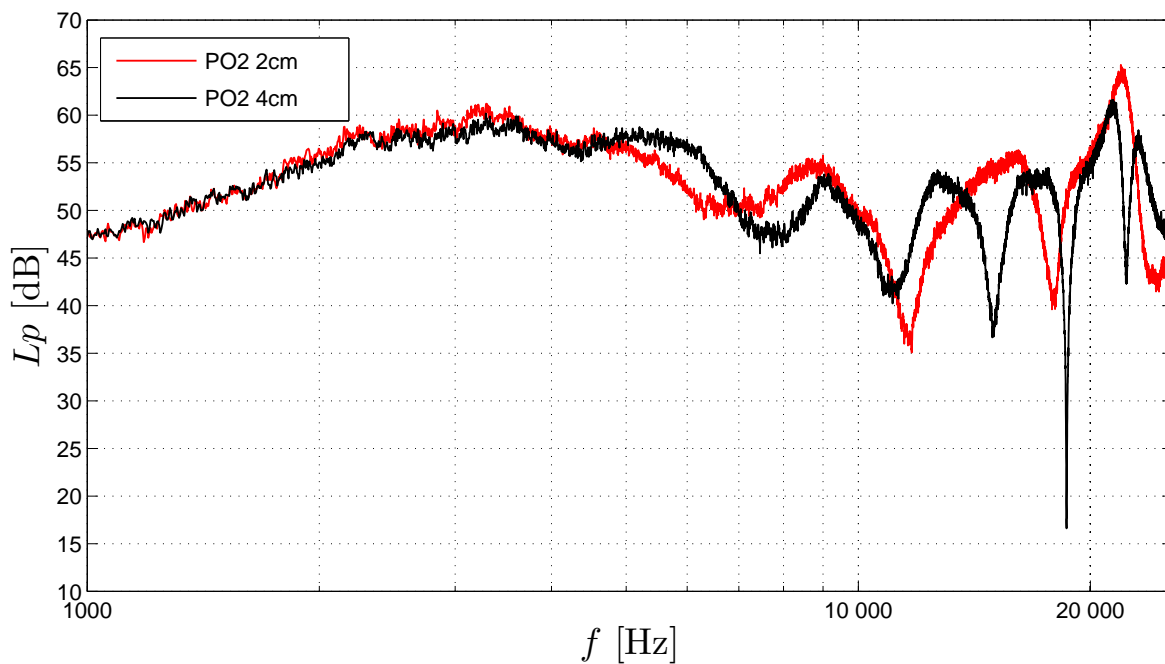
Obr. 7.8: Vliv tkaninových látek, materiál: Bavlna, PH1 - Profesionální – Hrubá (Oranžová), vzdálenost: (2 cm)



Obr. 7.9: Vliv kovových mřížek, materiál: PO2 – Plech kulaté otvory (10 mm), TK1 – Tahokov kosočtvercové otvory (3x1,85 mm), vzdálenost(2 cm)



Obr. 7.10: Vliv vzdálenosti krycí mřížky, materiál: bavlna



Obr. 7.11: Vliv vzdálenosti krycí mřížky, materiál: PO2 – Plech kulaté otvory (10 mm)

7.5 Zhodnocení výsledků měření

Všechny změřené látky jsou spolu s grafy uvedeny v příloze A.

Kovové mřížky pro kytarové reproduktory

Z výsledků je patrné, že použitím kovové krycí mřížky se amplitudová frekvenční charakteristika nijak výrazně nezhorší. Maximální dosažený útlum byl zjištěn u děrovaného plechu s čtvercovými otvory (PC2). Zde dochází od frekvence přibližně 3000 Hz k mírnému zvlnění frekvenční charakteristiky na úrovni maximálně ± 2 dB.

Používání kovových krycích mřížek výrazně nezhorší parametry kytarových reproduktorů a zároveň poskytuje kvalitní ochranu samotnému reproboxu.

Tkaninové mřížky pro kytarové reproduktory

U profesionálních, hrubých látek PH1, PH2 používaných firmami Marshall a ENGL, se objevuje mírné zvlnění útlumové charakteristiky přibližně od 3500 Hz. Tato změna je nejspíše způsobena strukturou látky, avšak nijak výrazně neovlivňuje vlastnosti reproduktoru. Tyto látky, díky své struktuře, poskytují reproduktoru velice dobrou ochranu.

Běžné látky vykazují celkové zvlnění charakteristiky již od frekvence přibližně 1 kHz. Z grafů lze pozorovat, že od této hodnoty je amplitudová frekvenční charakteristika posunuta na nižší úroveň.

Průzvučný molitan byl změřen především z důvodu ověření jeho vlastností. Vykazuje výborné výsledky v celém měřeném pásmu, avšak je velice jemný a neposkytuje reproduktoru téměř žádnou ochranu. Výrobci ozvučovaných systémů ho používají v kombinaci s mříží.

Logo

Při pohledu na obr. (7.7) si lze všimnout nárůstu útlumu od frekvencí přibližně 3500 Hz. Při této frekvenci je vlnová délka 9,8 cm, tedy začíná být menší, než je rozměr překážky, a dochází k odrazu. Maximum poklesu je přibližně u frekvence 3800 Hz. Vzdálenost loga od reproduktoru je asi 2 cm, což odpovídá přibližně $\lambda/4$ při této frekvenci. Výsledky potvrzují teoretické předpoklady uvedené v kapitole 5.1.

Výrobci, kteří umísťují svá loga před reproduktor, tak mírně zhoršují vlastnosti reproboxu. Z akustického hlediska by bylo nejlepší umístit logo například na postranní stěnu. Tato změna může ovšem narušit charakteristický vzhled, který je u některých výrobců důležitější než parametry reproboxu

Vliv na výškový reproduktor

Při měření na výškovém reproduktoru bylo zjištěno výrazné ovlivnění v důsledku krycí mřížky, řádově desítky dB. U všech proměřených materiálů došlo k výrazným poklesům amplitudové fr. charakteristiky v určitých pásmech kmitočtů. Tyto poklesy vznikají, pokud je lichý celočíselný násobek $\lambda/4$ roven vzdálenosti překážky od akustického zdroje.

8

Závěr

Cílem této práce bylo posoudit možný vliv krycích mřížek na kytarové reproduktory. Jsou demonstrovány různé druhy používaných materiálů, na kterých byl otestován zejména jejich vliv na amplitudovou frekvenční charakteristiku. Měření probíhalo nejprve na samotném reproboxu s rámečkem pro uchycení materiálu, čímž byla získána referenční charakteristika. Ta byla následně porovnána s charakteristikou reproboxu s instalovanou krycí mřížkou. Pomocí těchto dvou charakteristik byla získána útlumová charakteristika materiálu. Výsledkem práce jsou tedy útlumové frekvenční charakteristiky, které jsou pro jednotlivé druhy materiálů uvedeny v příloze.

Analýzou měřicích výsledků bylo zjištěno, že při použití uvedených druhů tkanin, plechů a tahokovů nedochází k výraznému zhoršení přenosu akustického signálu. Speciální průzvučné tkaniny způsobují na určitých frekvencích útlum maximálně do 2 dB. U některých kovových materiálů nedochází téměř k žádnému útlumu. Záleží především na rozměrech kovových ploch mezi otvory - čím jsou tyto plochy menší, tím materiál vykazuje lepší vlastnosti. Nejlepší vlastnosti vykazují použité tahokovy, jelikož mají malé rozměry ploch, u kterých dochází k odrazu. Nejhůře dopadly, podle předpokladu, běžné látky, které tlumí některé frekvence až o 6 dB.

Hlavním důvodem zanedbatelného vlivu krycích mřížek na kytarové reproduktory je, že jejich frekvenční rozsah je omezen (100 – 5000 Hz), tedy již nehrají na kmitočtech, kde se projevuje zakrytí těmito materiály. Někteří výrobci kytarových reproboxů umísťují svá reklamní loga přímo do osy vyzařování, což se při měření se ukázalo jako nevhodné řešení, jelikož velikost překážky už způsobí, že v rozsahu do 5000 kHz dochází k odrazu. Řešením by mohlo být umístění loga například na boční stěnu.

Používané druhy krycích mřížek jsou tedy z akustického hlediska vhodné, až na umístění loga. Je nutné také zmínit, že kytarové reproduktory se většinou používají v prostřídích, kde není vyřešena akustika prostoru, proto se pak vliv krycí mřížky a loga může stát nepodstatným.

Pro ilustraci vlivu krycí mřížky na vyšší frekvence bylo také provedeno jedno měření s výškovým reproduktorem. Ukázalo se, že od frekvencí přibližně 10 kHz se objevují propady na amplitudové frekvenční charakteristice. Možným pokračováním této práce by mohlo

být například nalezení nejvhodnější krycí mřížky pro tento reproduktor. Měřeními byly potvrzeny teoretické poznatky při studiu tohoto tématu.

Literatura

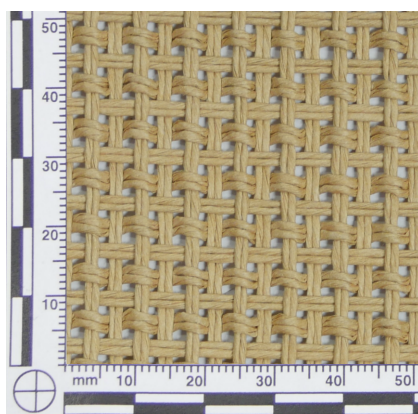
- [1] Škvor, Z. *Elektroakustika a akustika* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2012. ISBN 978-80-01-025034-7.
- [2] Svoboda, L., Štefan, M. *Reproduktory a reproduktorové soustavy* Praha: Nakladatelství technické literatury - SNTL, 1983.
- [3] Mayer, D. *Teorie Elektromagnetického pole* Plzeň: Vydavatelství ZČU 2001.
- [4] Vlachý, V. *Praxe zvukové techniky* Praha: Nakladatelství Muzikus, 2008. ISBN 978-80-86253-46-5.
- [5] Toman, K. *Reproduktory a reprosoustavy* Karviná: DEXON, 2001.
- [6] Sýkora, B. *Stavíme reproduktorové soustavy (I až XLVII)* Praha: seriál časopisu Amatérské, 1997 - 2001.
- [7] ČSN EN 60268-5. *Elektroakustická zařízení - Část 5: Reproduktory* Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [8] Smetana, C. *Měření hluku a chvění* Praha: Nakladatelství technické literatury, 1974.
- [9] Jiříček, O. *Úvod do akustiky* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1974. ISBN 80-01-02460-1.
- [10] Líbalová, M. *Vliv zástavby reproduktorů ve dveřích automobilu na jejich výsledné parametry* Plzeň, 2007. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická, Katedra technologií a měření.
- [11] Allmer, M *Přehled vývoje moderních reproduktorů* Plzeň, 2004. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická, Katedra technologií a měření.
- [12] KIRCHNER, Leo. Loudspeaker measurement technology. [online] 2007. [Cit.5.8.2017]. Dostupné z: <http://www.kirchner-elektronik.de/kirchner/photostory2-2.pdf>
- [13] CELESTION.COM *celestion.com: Vintage 30 [online]* 2017. [Cit.30.4.2017]. Dostupné z: <http://celestion.com/productpdf.php?id=1>

- [14] MUZIKER.CZ *muziker.cz: kytarové reproboxy [online]* 2017 [Cit.30.4.2017].Dostupné z: <https://www.muziker.cz/kytarove-reproboxy>
- [15] ENGLAMPS.DE: *englamps.de: cabinets [online]* 2017 [Cit.30.4.2017].Dostupné z: <http://englamps.de/project/category/cabinets/>
- [16] sramus.cz: *sramus.cz: tkaniny a molitany [online]* 2017 [Cit.7.6.2017].Dostupné z: <https://www.sramus.cz/zvukova-technika/prislusenstvi-pro-reproboxy/10941-molitan-pruzvucny.html>

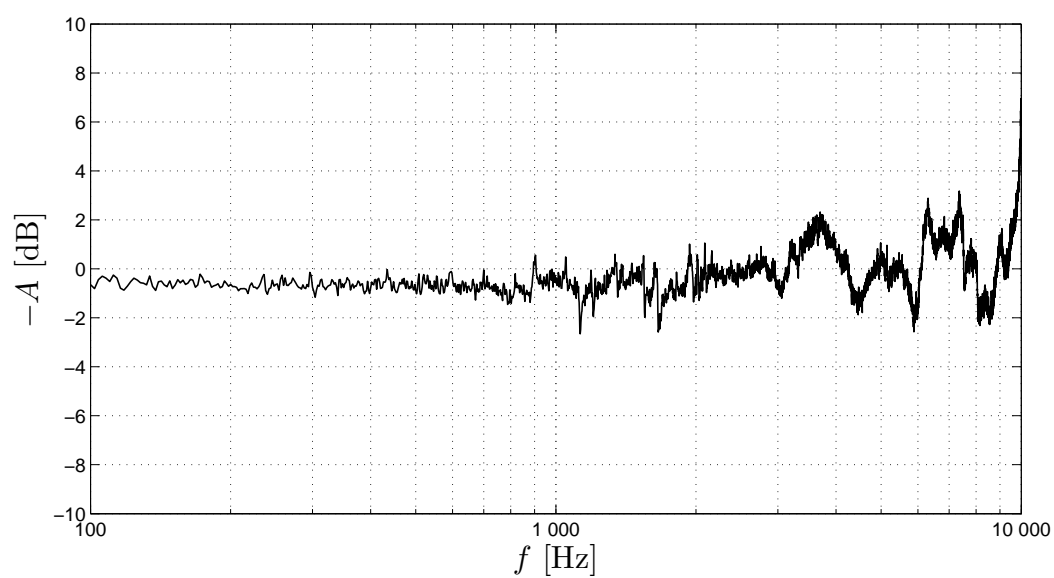
Příloha A

Materiály, charakteristiky

PH1

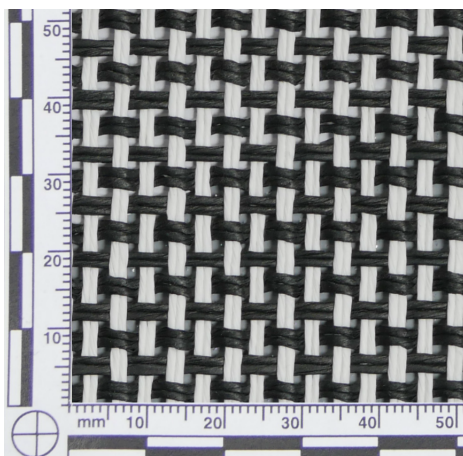


Obr. A.1: Foto – PH1

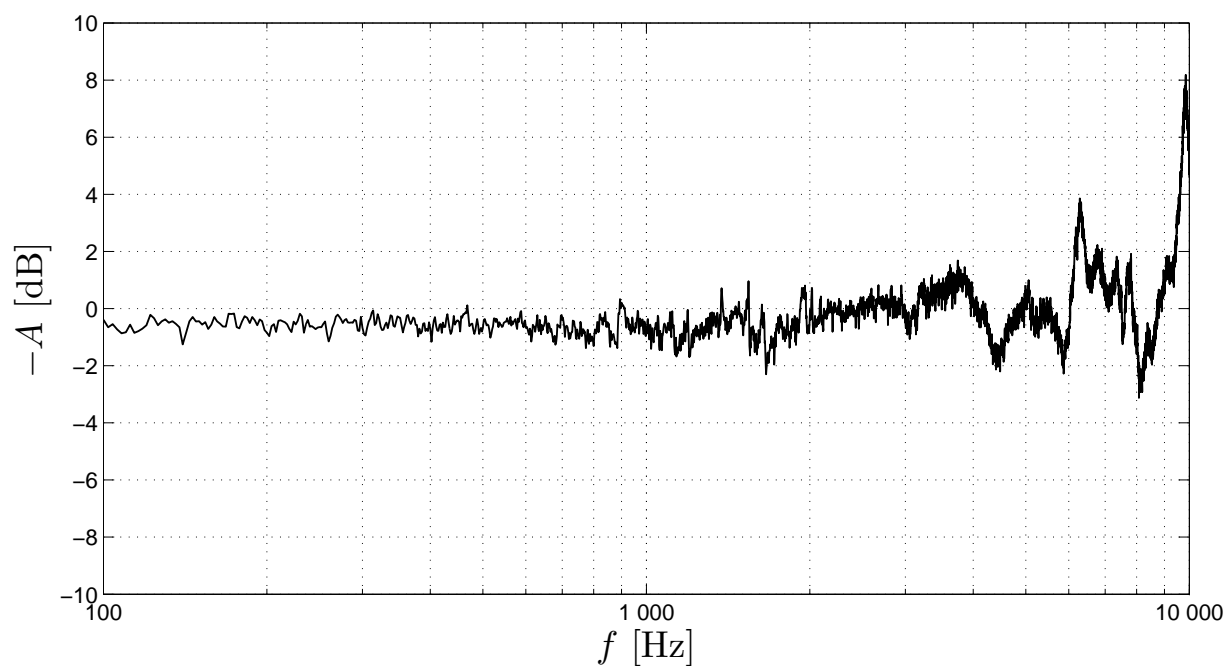


Obr. A.2: Útlumová charakteristika, materiál – PH1

PH1

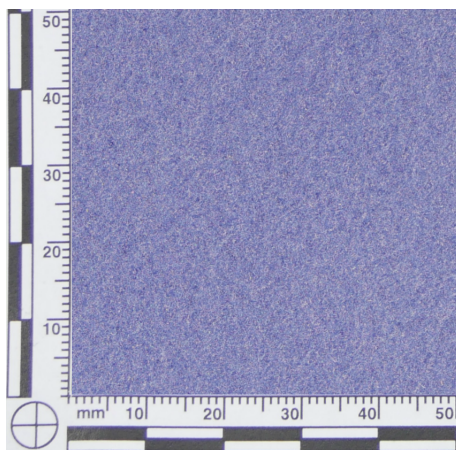


Obr. A.3: Foto – PH2

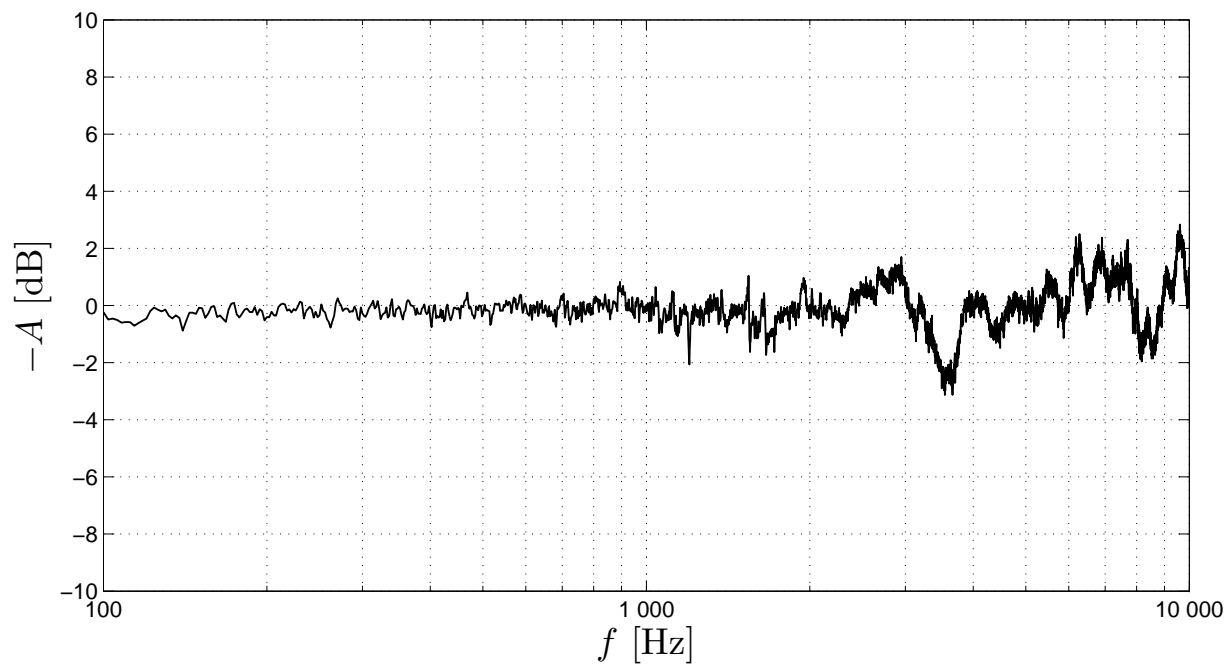


Obr. A.4: Útlumová charakteristika, materiál – PH2

PJ1

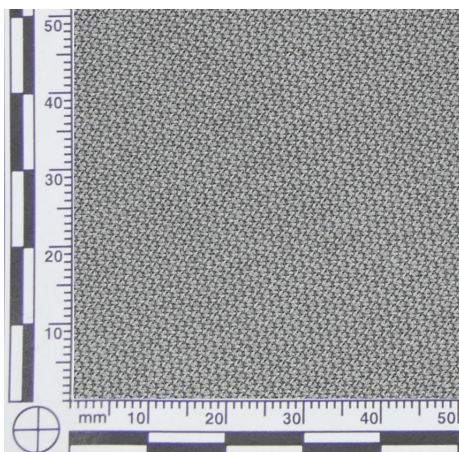


Obr. A.5: Foto – PJ1

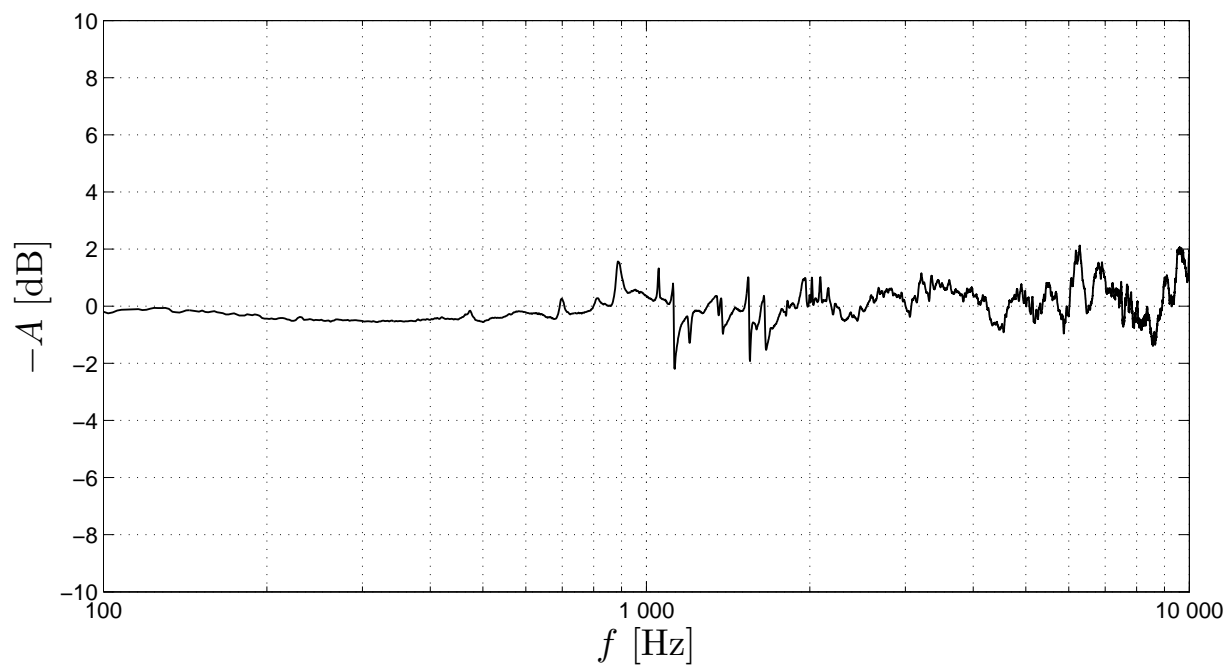


Obr. A.6: Útlumová charakteristika, materiál – PJ1

PJ2



Obr. A.7: Foto – PJ2

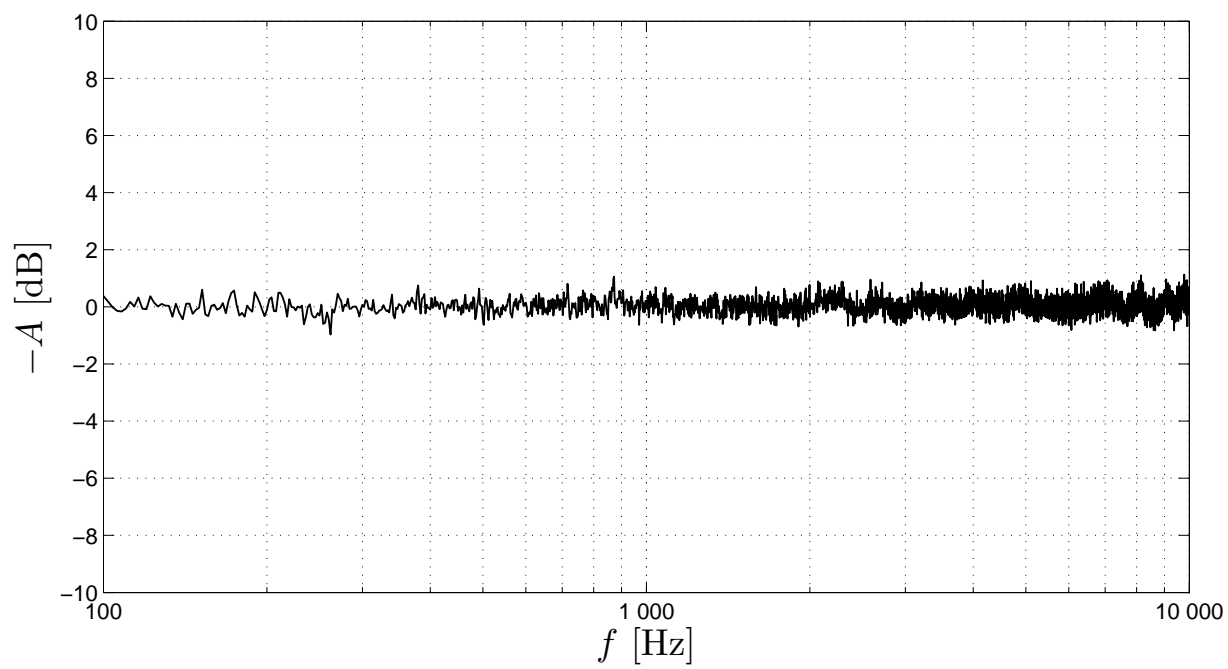


Obr. A.8: Útlumová charakteristika, materiál – PJ2

PM

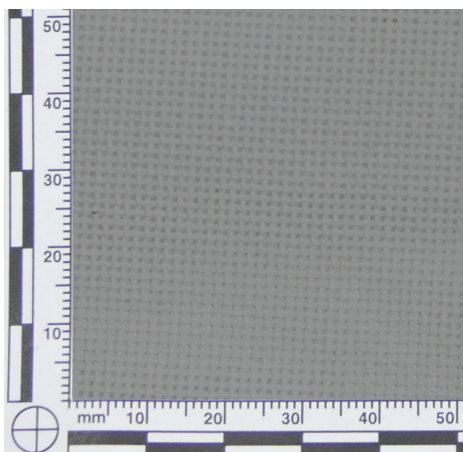


Obr. A.9: Foto – PM, převzato z [16]

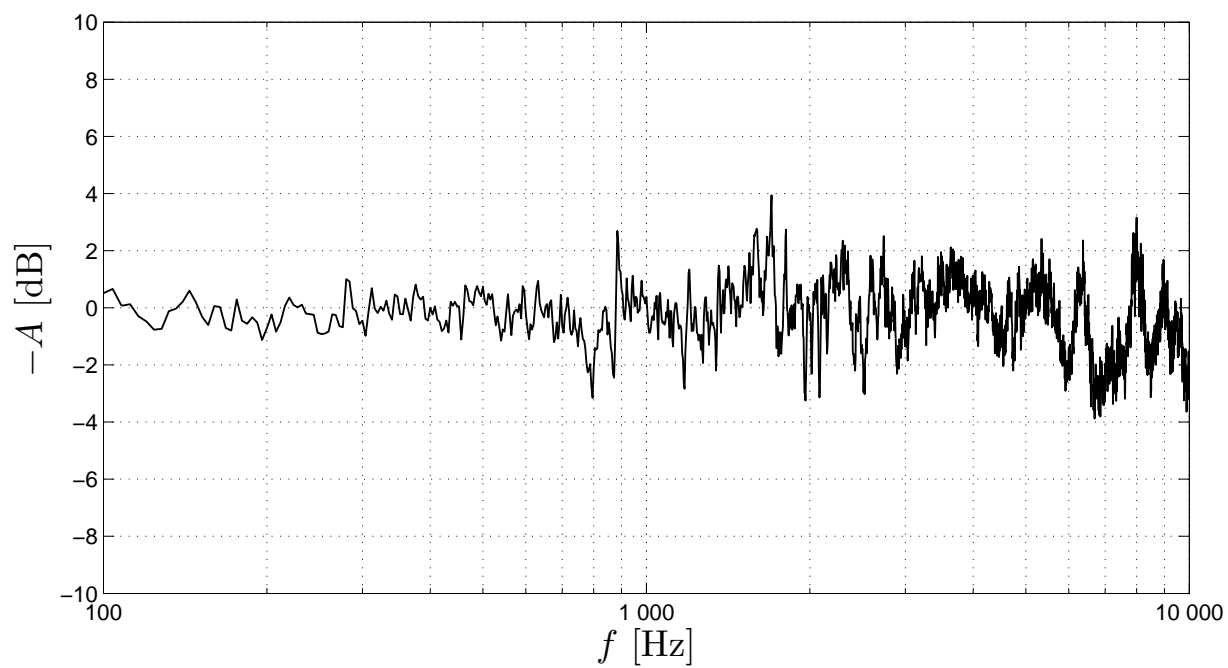


Obr. A.10: Útlumová charakteristika, materiál – PM

Kanava

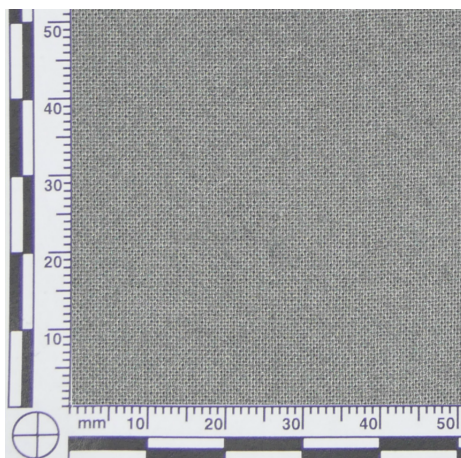


Obr. A.11: Foto – Kanava

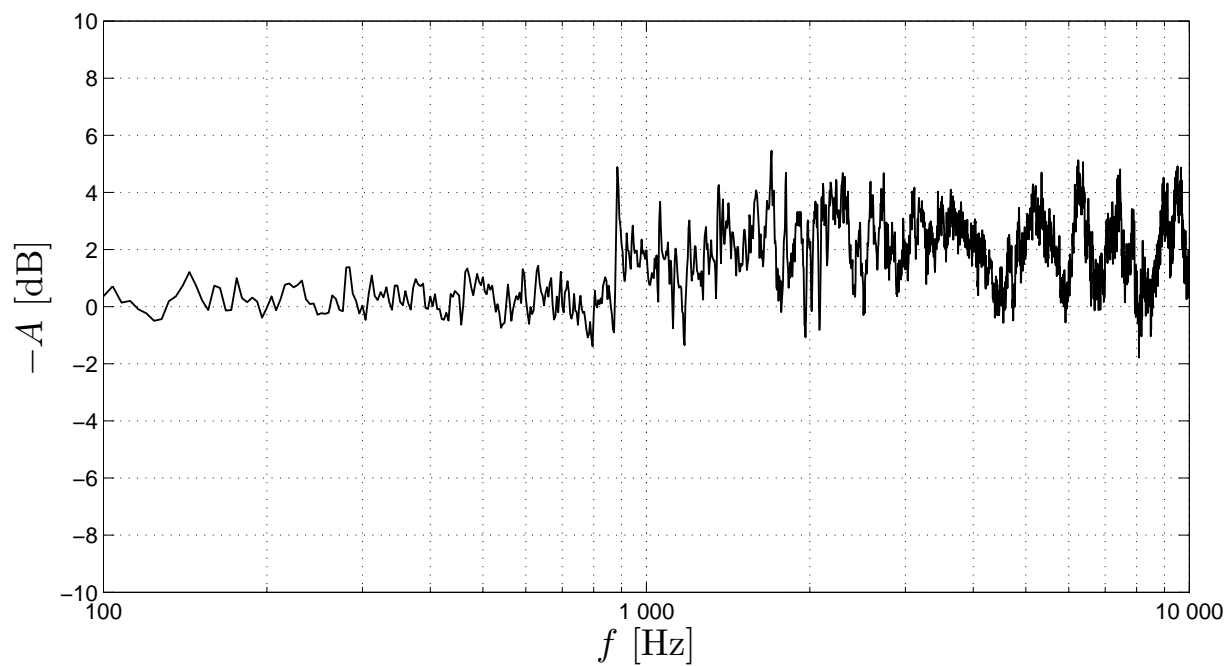


Obr. A.12: Útlumová charakteristika, materiál – Kanava

Bavlna



Obr. A.13: Foto – Bavlna

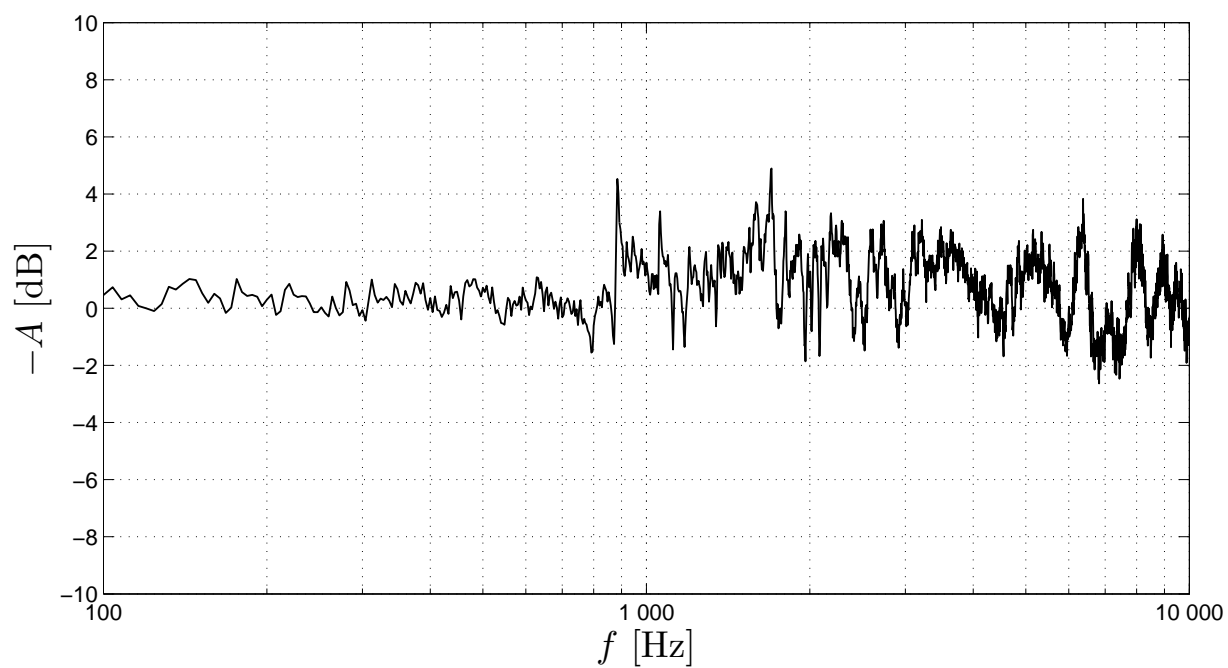


Obr. A.14: Útlumová charakteristika, materiál – Bavlna

Polyester

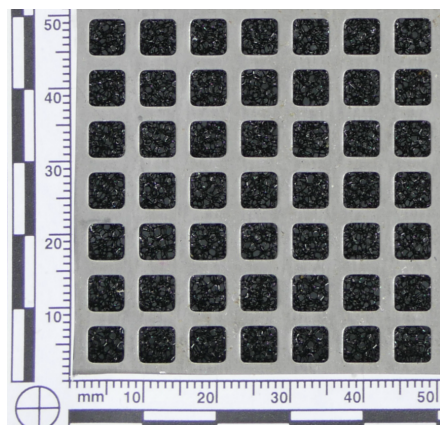


Obr. A.15: Foto – Polyester



Obr. A.16: Útlumová charakteristika, materiál – Polyester

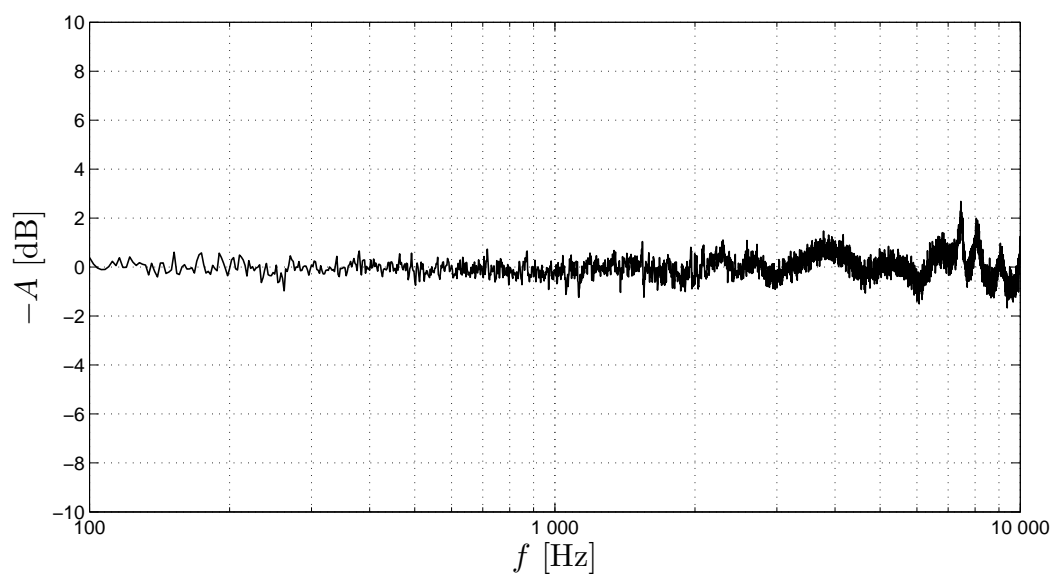
PC1



Obr. A.17: Foto – PC1

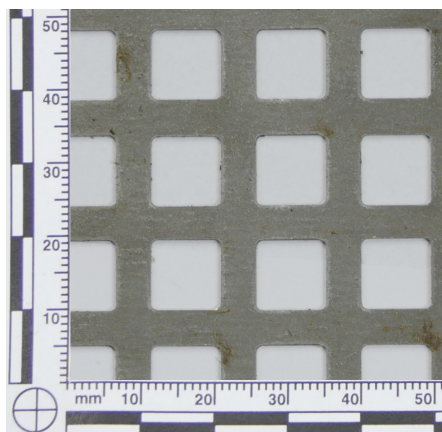
Označení	Typ	Velikost otvorů	Rozteč	Tloušťka materiálu
PC1	Čtvercové otvory	3mm	5mm	0,75mm

Tab. A.1: Specifikace materiálu – PC1



Obr. A.18: Útlumová charakteristika, materiál – PC1

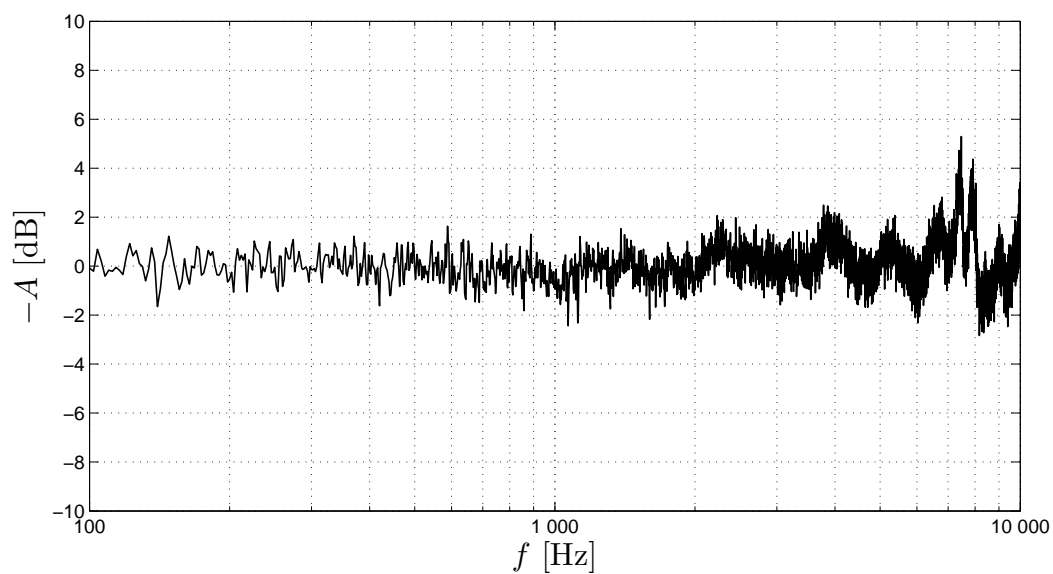
PC2



Obr. A.19: Foto – PC2

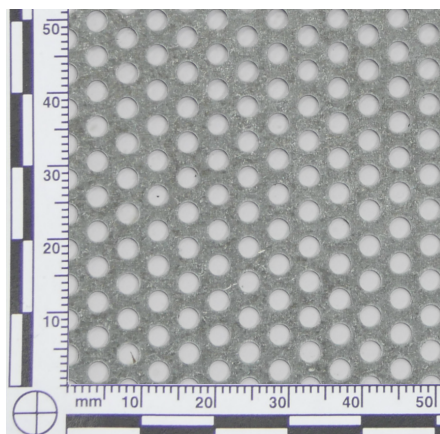
Označení	Typ	Velikost otvorů	Rozteč	Tloušťka materiálu
PC2	Čtvercové otvory	8mm	11mm	1,5mm

Tab. A.2: Specifikace materiálu – PC2



Obr. A.20: Útlumová charakteristika, materiál – PC2

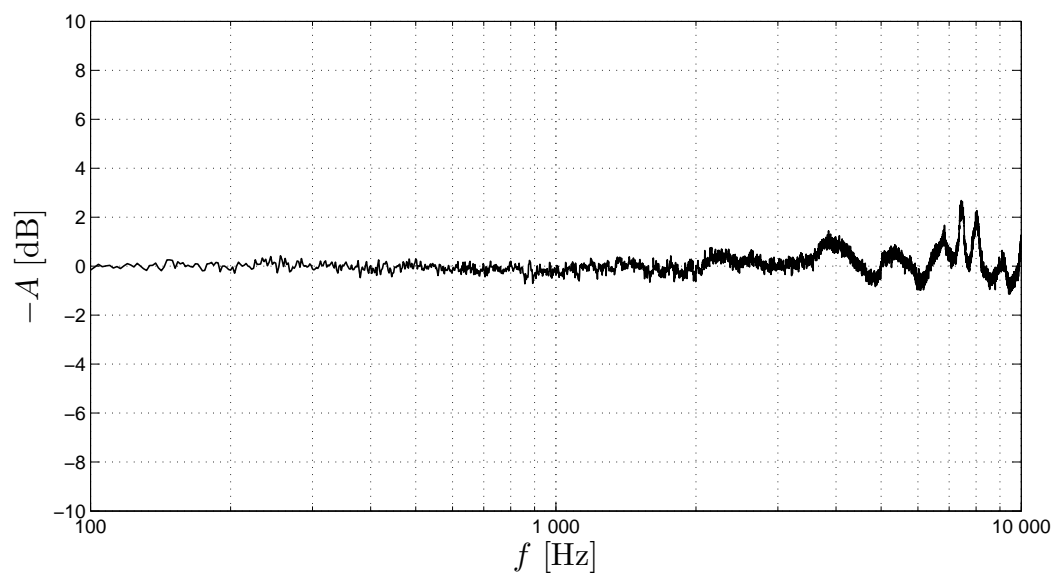
PO1



Obr. A.21: Foto – PO1

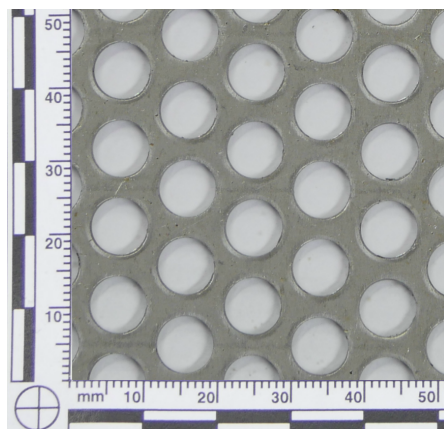
Označení	Typ	Velikost otvorů	Rozteč	Tloušťka materiálu
PO1	Kulaté otvory	5mm	7mm	1mm

Tab. A.3: Specifikace materiálu – PO1



Obr. A.22: Útlumová charakteristika, materiál – PO1

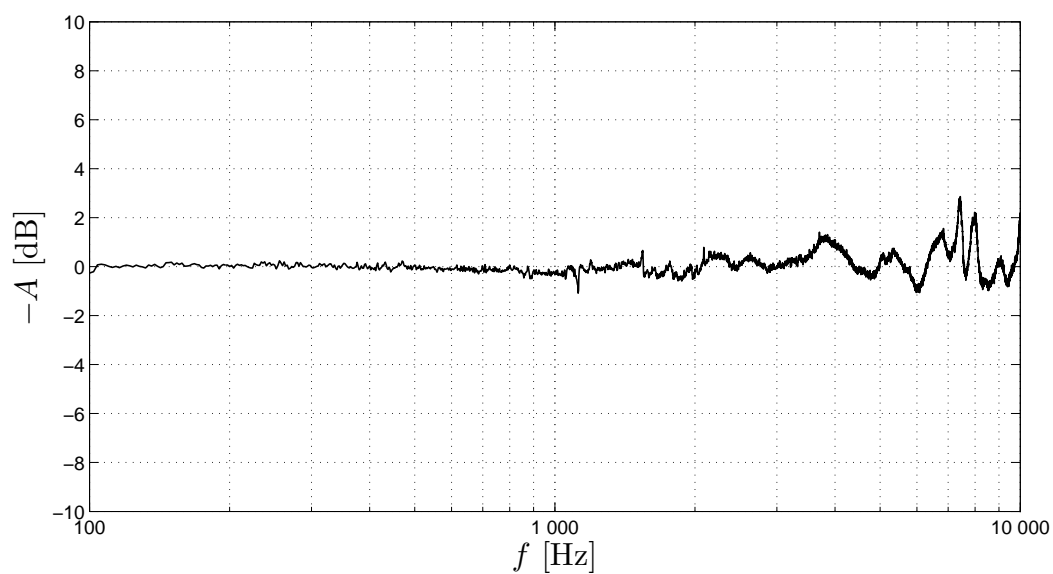
PO2



Obr. A.23: Foto – PO2

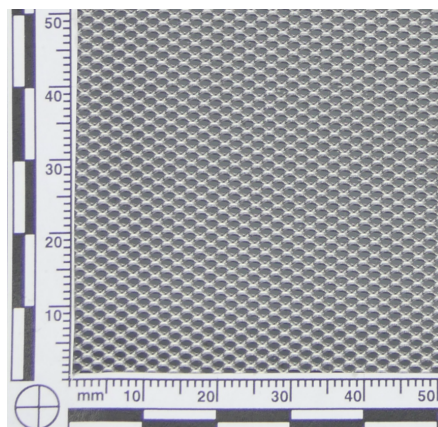
Označení	Typ	Velikost otvorů	Rozteč	Tloušťka materiálu
PO2	Kulaté otvory	10mm	15mm	1mm

Tab. A.4: Specifikace materiálu – PO2



Obr. A.24: Útlumová charakteristika, materiál – PO2

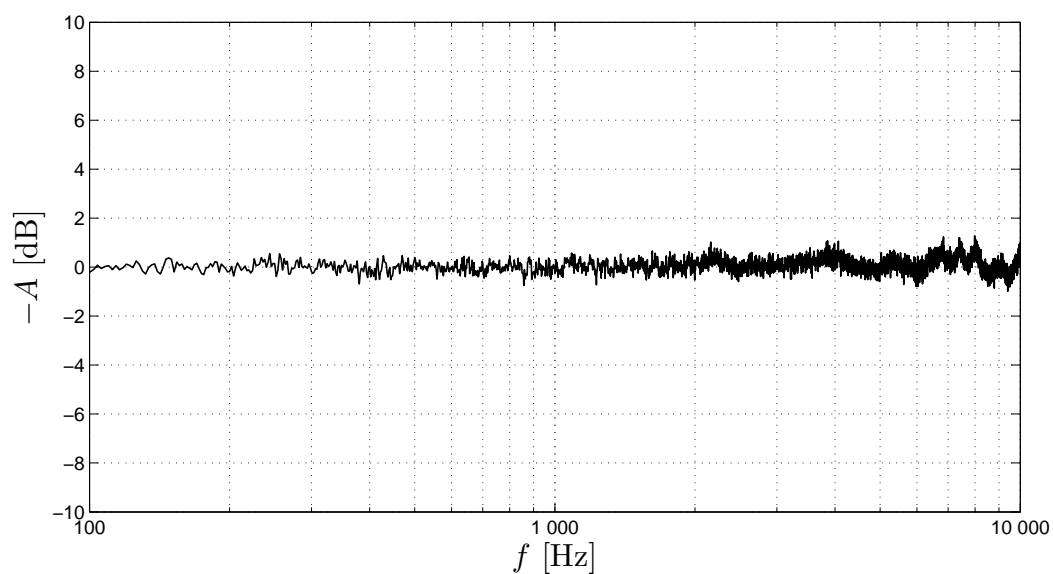
TK1



Obr. A.25: Foto – TK1

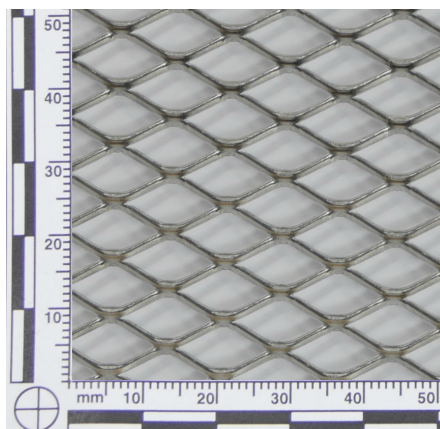
Označení	Typ	Délka oka	Šířka oka	Tloušťka materiálu
TK1	Kosočtvercové otvory	3mm	1,85mm	0,4mm

Tab. A.5: Specifikace materiálu – TK1



Obr. A.26: Útlumová charakteristika, materiál – TK1

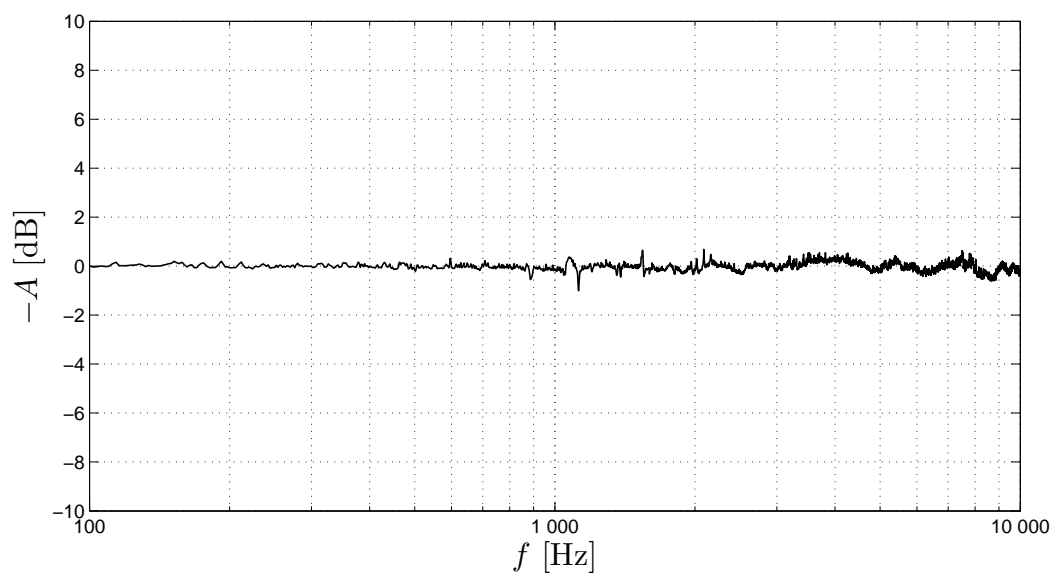
TK2



Obr. A.27: Foto – TK2

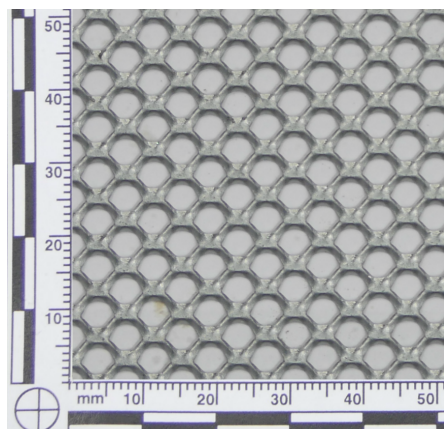
Označení	Typ	Délka oka	Šířka oka	Tloušťka materiálu
TK2	Kosočtvercové otvory	16mm	8mm	0,8mm

Tab. A.6: Specifikace materiálu – TK2



Obr. A.28: Útlumová charakteristika, materiál – TK2

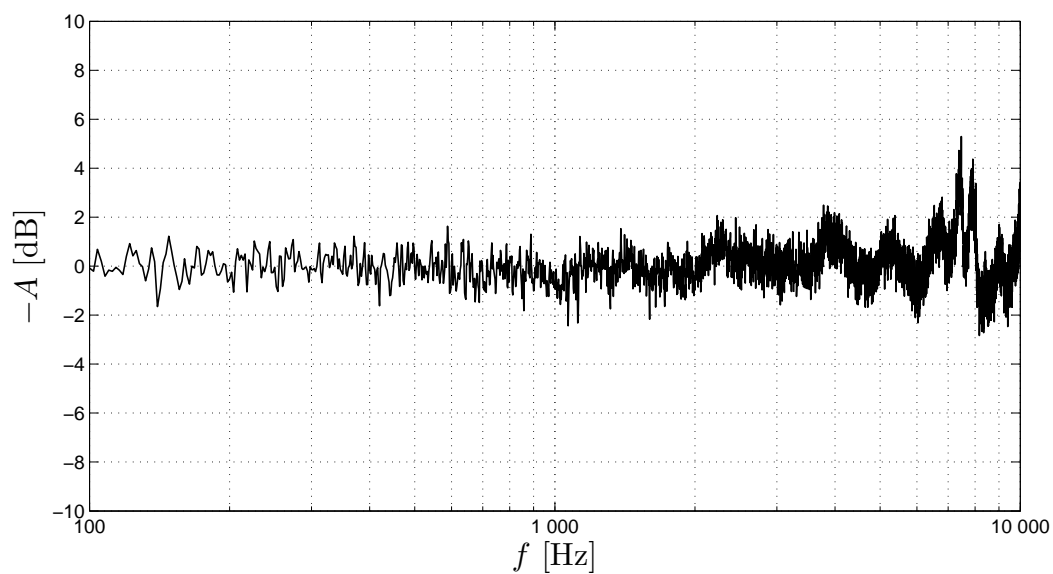
TO1



Obr. A.29: Foto – TO1

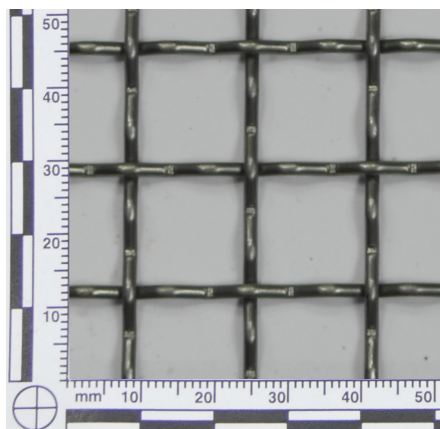
Označení	Typ	Délka oka	Šířka oka	Tloušťka materiálu
TO1	Kulaté otvory	3mm	3mm	0,8mm

Tab. A.7: Specifikace materiálu – TO2



Obr. A.30: Útlumová charakteristika, materiál – TO1

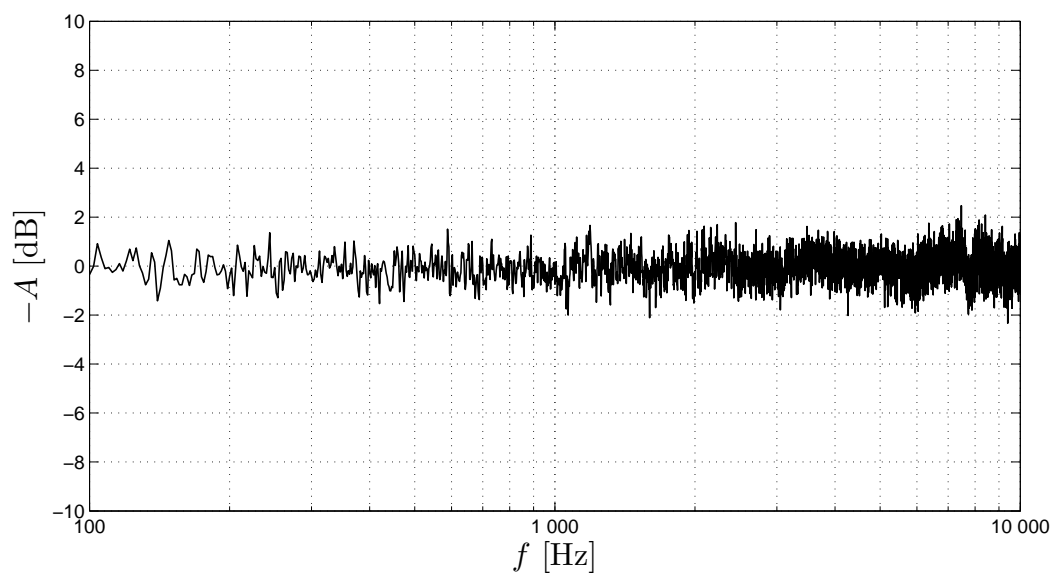
DS1



Obr. A.31: Foto – DS1

Označení	Typ	Velikost oka	Průměr drátu
DS1	Čtvercová oka	15mm	2mm

Tab. A.8: Specifikace materiálu – DS1



Obr. A.32: Útlumová charakteristika, materiál – DS1

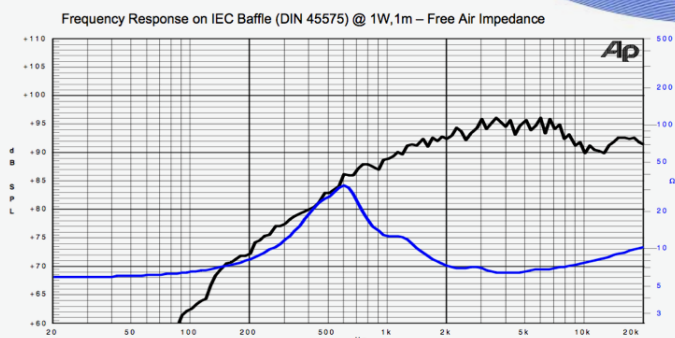
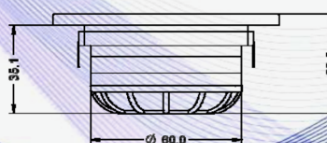
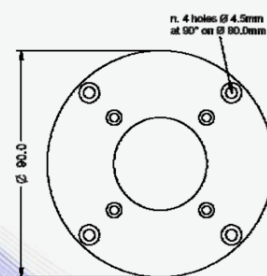
Příloha B

Výškový reproduktor

- 1.1" voice coil Aluminium former and flat Aluminium wire.
- Aluminium dome.
- Neodymium magnet circuit with damping material inside.
- Cooling radiator to reduce power compression.
- Low frequency resonance, 600Hz.
- Damped rear chamber.
- 93.3 dB sensitivity

Specifications	
Nominal Diameter	90mm
Nominal Impedance	8Ω
Rated Power AES ⁽¹⁾ (2000 - 20000 Hz)	25W
Continuous Program Power ⁽²⁾	50W
Rated Noise Power (IEC 60268-5) ⁽³⁾	120W
Sensitivity @ 1W/1m ⁽⁴⁾	93.3dB
Voice Coil Diameter	28.0mm (1.1")
Voice Coil Winding Depth	2.7mm
Magnetic Gap Depth	3.0mm
Flux Density	1.80 T
DC Resistance	6.00Ω
Resonance Frequency	600Hz
Magnet Weight	92g
Net Weight	0.41 kg
Recommended Crossover Frequency	2.0kHz

Constructive Characteristics	
Magnet	: Neodymium
Voice Coil Winding Material	: Aluminium Flat Wire
Voice Coil Former Material	: Aluminium
Diaphragm	: Aluminium
Ferrofluid in Air Gap	: No
Flange	: Aluminium
Spare Part Code	: -



- Note:
- 1: Rated Power measured with 2 hours test with pink noise signal, 6dB crest factor, loudspeaker mounted on enclosure
 - 2: Power on Continuous Program is defined as 3 dB greater than the Rated Power
 - 3: Rated Noise Power measured with 100 hours test pink noise, 6dB crest factor IEC60268-5 filtering
 - 4: Measured at 1W,1m in axis within the frequency range
 - 5: Drawing dimensions: mm

Obr. B.1: Datasheet zakázkového reproduktoru firmy Xavian