

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

HUDEBNÍ A TANEČNÍ FAKULTA

Hudební umění

Skladba

MAGISTERSKÁ PRÁCE

**Amplifikace akordeonu:
výzkum a konstrukce vnitřního mikrofonního systému**

Raman Zabelau

Vedoucí práce: doc. MgA. Slavomír Hořínka Ph.D.

Oponenti práce: odb. as. MgA. Jan Trojan Ph.D., MgA. Ladislav Horák

Datum obhajoby: 18.6.2020

Přidělovaný akademický titul: MgA.

Praha, 2020

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

MUSIC AND DANCE FACULTY

Art of Music

Composition

MASTER'S THESIS

**Amplification of accordion:
research and construction of inner microphone system**

Raman Zabelau

Supervisor: Assist. Associate prof. MgA. Slavomír Hořínka Ph.D.

Opponents of work: Assistant prof. MgA. Jan Trojan Ph.D., MgA. Ladislav Horák

Date of defense: 18.6.2020

Allocation academic degree: MgA.

Prague, 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci na téma

Amplifikace akordeonu: výzkum a konstrukce vnitřního mikrofonního systému

vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne

.....

podpis diplomanta

Upozornění

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

Abstrakt

Tato magisterská práce se zabývá problematikou amplifikace akordeonu a zaměřuje se na výzkum na jehož základě bylo možno navrhnout a následně zkonstruovat nový vnitřní mikrofonní systém určený pro živou produkci. První část popisuje vyzkoušení co nejvíce různých možných dostupných způsobů vnitřního snímání zvuku akordeonu, jejich srovnání a volby toho nejvhodnějšího. Dále pojednává o hledání optimálního počtu mikrofonů pro diskantovou i basovou část nástroje a finální konstrukci vnitřního mikrofonního systému pro akordeon. Druhá část představuje zvuková specifika nového mikrofonního systému na podkladě čtyř studií pro amplifikovaný akordeon zkomponovaných pro tento účel.

Klíčová slova

Akordeon, amplifikace, amplifikace akordeonu, vnitřní mikrofonní systém pro akordeon.

Summary

This master thesis focuses on the research that allowed the design and construction of a new internal microphone system for live production. The first part was based on trying as many different possible ways of internal picking up of the accordion sound as possible, comparing them and choosing the most suitable one. Then this part deals with finding the optimum number of microphones for both sides of the instrument and the final construction of the internal microphone system for the accordion. The second part presents the sound specifics of a new microphone system based on four studies for an amplified accordion compiled for this purpose.

Keywords

Accordion, amplification, amplification of accordion, inner microphone system for accordion

Poděkování

Chtěl bych poděkovat několika dobrým duším, které mě inspirovaly při psaní této magisterské práce a přispěly mnoha cennými radami a postřehy. Jmenovitě: Slavomír Hořínský, Ondřej Urban, Milan Guštar, Iva Oplištilová.

Obsah	
Úvod	1
1. Výzkum	4
1.1 Experiment č. 1: Piezoelektrický snímač	6
1.2 Experiment č. 2: Dynamická sluchátka do uší	9
1.3 Experiment č. 3: Sennheiser ME 2-II	10
1.4 Experiment č. 4: Sennheiser ME 4-N	13
1.5 Experiment č. 5: Superlux MSKA(X)	15
1.6 Experiment č. 6: Basový elektromagnetický snímač Tesla	17
1.7 Experiment č. 7: Shure WH20	20
1.8 Experiment č. 8: Mikrofonní systém Totter Midi TM3 – ACOUSTIC	22
1.9 Shrnutí dosažených výsledků a stanovení další fáze výzkumu	23
1.10 Hledání ideálního typu mikrofonu a jeho umístění	24
1.11 Shrnutí a konstrukce	28
2. Studie pro nový mikrofonní systém	35
2.1 Studie 1	35
2.2 Studie 2	36
2.3 Studie 3	38
2.4 Studie 4	40
3. Shrnutí a vize	42
4. Závěr	45
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM PŘÍLOH	49
POUŽITÉ PRAMENY A LITERATURA	51
PRAMENY	51
LITERATURA	52

Úvod

Text, který právě čtete, se rodil v atmosféře neustálého hledání a je dosavadním souhrnem všech mých myšlenek týkajících se oblasti amplifikace akordeonu a obecně kontextu obohacení jeho zvuku.

Konstrukce akordeonu je poměrně dost komplikovaná. Akordeon je nástroj, který spadá do skupiny aerofonů. Pohybem měchů hráč vytváří vzduchový proud, který rozechvívá kovové jazýčky uvnitř nástroje. Zdroj zvuku je tedy lokalizován vždy v místě, kde se konkrétní jazýček či jazýčky nacházejí.¹ Zmáčknutím jednoho nebo více knoflíků hráč zároveň otevírá otvor, přes který výsledná akustická energie vyzařuje ven. Vzhledem k tomu, že na diskantové části nástroje se otvory nacházejí hned pod krytem, je cesta zvuku ven krátká a téměř prostá odrazů. Naopak u basové části nástroje jsou otvory umístěny uvnitř skříně mechaniky, což výslednou cestu zvuku ven prodlužuje.

Všechny experimenty jsme prováděli na moskevském bajanu „Yupiter“, rok výroby je znám jen orientačně (2001 – 2003). „Yupiter“ je jednou z nejproslulejších akordeonových značek na světě. Mechanika tohoto nástroje je kovová.

Ve srovnání s ostatními nástroji je, dle mého názoru a zkušeností, relativně nesnadné akordeon snímat mikrofony. Jako aktivní hráč jsem prošel cestu od statických mikrofonů na stojanu přes mikrofony uchycené na těle nástroje až po mikrofony umístěné uvnitř nástroje, během níž jsem si uvědomil, že každý způsob snímání má svá pozitiva a negativa.² Mým cílem je najít optimální řešení pro vlastní tvůrčí aplikace. Je zřejmé, že nejpřirozenější barva zvuku nástroje se nachází venku, vždy je ale nutné mít na paměti zvukoprostorový a stylový kontext amplifikace.

Můžeme si představit dvě modelové situace během živé produkce: sólová hra a hra v rámci většího seskupení hudebníků. Pokud se jedná o sólovou produkci či o hru převážně pravou rukou (diskantová část nástroje) v rámci

1 ZABELAU, R. Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě. Praha, 2017. Akademie múzických umění v Praze. Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce Odb. as. MgA. Slavomír Hoříňka Ph.D.

2 Podrobnější popis jednotlivých typů mnou užívaných mikrofonů a způsobů snímání viz. ZABELAU, R. Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě. Praha, 2017. Akademie múzických umění v Praze. Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce Odb. as. MgA. Slavomír Hoříňka Ph.D.

hudebního tělesa, které nevyžaduje vyšší úroveň hlasitosti zvuku, je situace poměrně jednoduchá. Názorným příkladem může být světově známý francouzský akordeonista, skladatel a bandoneonista Richard Galliano.³ Pro amplifikaci svého akordeonu používá stereofonní dvojici mikrofonů na stojanu. Aby usnadnil akustickou cestu zvuku, otevírá si kryt části obsluhované pravou rukou. Tím získává jeho nástroj lehkou, svébytnou a živou barvu. Pohybem a proměnou vzdálenosti mezi hráčem a mikrofonem vznikají pozoruhodné zvukové barvy. Výše zmíněný příklad nelze použít v kontextu např. rockové hudby. Z důvodu velké hlasitosti by docházelo k přeslechu, tj. snímání okolí akordeonu. V horším případě ke zpětné vazbě, která zase nedovolí nastavit optimální úroveň odposlechu. Proto se v takových situacích většinou využívají mikrofony umístěné uvnitř nástroje. Tím je zabezpečena částečná izolace od okolí a vyšší úroveň vstupního signálu.⁴ Znovu tedy zdůrazňuji, že v mém výzkumu nejde o hledání přirozeného zvuku akordeonu, ale o řešení vnitřního způsobu snímání vyhovující mé vlastní tvůrčí estetice.

Jiným řešením může být využití elektro- či MIDI-akordeonu, avšak za cenu ztráty specifické zvukové kvality nástroje. Zásadní pro mě bylo vždy pracovat s akustickým nástrojem a zároveň se vyrovnat zvuku ostatních nástrojů.

V poslední době se vnitřní mikrofonní systémy pro akordeon objevují na trhu stále častěji. Zde uvádím několik příkladů seřazených dle popularity:

Musictech⁵ systém (MT-04N) a systém (MT-05-DN)

Limex⁶ systém (Micro Professional 4)

Totter - midi⁷ systém TM-3-ACOUSTIC)

Acoustas⁸ systém (AMx11HD)

3 ABOUCAYA, J. KENNEDY, G. W. Grove Music Online [online]. Galliano, Richard. In *The New Grove Dictionary of Jazz, 2nd ed.* Oxford University Press, 2016. [cit. 8. 12. 2019]. Dostupný z

<http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/J572900>

4 ZABELAU, R. Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě. s.6

5 Firemní stránka Musictech: Technology for music - Italy [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <http://www.musictech-midi.it>

6 Firemní stránka Limex Microphone professional 4 [online]. [cit. 29.08.2019]. Dostupné z: <https://www.limex.eu>

7 Firemní stránka Totter Midi [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <http://www.muzikant.si/index.html>

8 Firemní stránka Acoustas [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <http://acoustas.com/about-us/>

Nalbantov Electronics⁹ systém (Nalbantov AMP 6S)

Nejzásadnějším problémem většiny systémů jsou v nich zabudované mikrofony. Je s podivem, že většina firem vyrábějících mikrofonní systémy pro akordeon neuvádí specifikace použitých mikrofonů.¹⁰ V rámci své bakalářské práce jsem měl možnost prozkoumat a proměřit systém (TM-3-ACOUSTIC) od slovinské společnosti Totter-midi. Ještě než jsme započali výzkum, porovnali jsme mikrofonní vložky s běžně dostupnými produkty. Tak jsme zjistili, že se jedná o zcela obyčejné, nejlevnější mikrofonní vložky na trhu. Přesněji jde o vložky, které se běžně využívají např. v mobilních telefonech. Další nedokonalost těchto systémů spočívá v absenci konstrukčního řešení, které by zabraňovalo přenosu nežádoucích vibrací nástroje na mikrofonní lištu (jako je tomu např. u odpruženého držáku shock-mount u studiových mikrofonů). Také postrádám možnost vlastního nastavení rozestupu mezi jednotlivými mikrofony. Většinou mají tyto mikrofonní systémy jeden stereofonní výstup ve formě konektoru typu jack 6,3 mm. Pohyb měchů ovlivňuje stabilitu konektoru tohoto typu, a může tak docházet k nežádoucímu praskání.

Na základě výzkumu shrnutého v mé bakalářské práci *Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě*¹¹ jsem dospěl k názoru, že není jiná možnost, než si zkonstruovat vlastní mikrofonní systém. Mým cílem byl takový systém, který co možná nejvěrněji zesílí a předá přirozenou akustickou barvu akordeonu, ale zároveň umožní i v případě hlasitého okolí zpracovávat a popřípadě efektovat vnějšími vlivy neovlivněný akustický zvuk akordeonu. Pod vedením mého školitele Slavomíra Hoříanky a ve spolupráci s Ondřejem Urbanem a Milanem Guštarem z katedry zvukové tvorby HAMU byl proveden výzkum¹², na jehož základě bylo možné navrhnout a následně zkonstruovat nový vnitřní mikrofonní systém ZUG-MK1 určený pro živou produkci.

9 Firemní stránka Nalbantov Electronics [online]. [cit. 29. 09. 2019]. Dostupné z: <http://n-electronics.com/products>

10 Důvodem může být ochrana výrobního tajemství, ale za pravděpodobnější považuji skutečný poměr výrobní a prodejní ceny produktu.

11 ZABELAU, R. *Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě*. Praha, 2017. Akademie múzických umění v Praze. Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce Odb. as. MgA. Slavomír Hoříanka Ph.D.

12 Grant 2018 HAMU TA 13/SGS Hoříanka/Zabelov

1. Výzkum

První část výzkumu spočívala v otestování co nejvíce různých možných dostupných způsobů snímání zvuku akordeonu, jejich porovnání a volby toho nejvhodnějšího, popřípadě kombinace. Kritéria pro výběr mikrofonu byla stanovena takto:

- co nejmenší náchylnost ke zpětné vazbě,
- věrný a přirozený převod signálu a
- velikost potenciální mikrofonní vložky (z důvodů omezeného prostoru uvnitř nástroje).

Ve své bakalářské práci jsem srovnával různé komerčně dostupné vnitřní mikrofonní systémy. Tehdy mě překvapilo, že všechny obsahují kondenzátorové mikrofonní vložky. Pozdější výzkum ukázal, že ani jeden ze zkoumaných systémů nesplňuje výše formulovaná kritéria beze zbytku. Usuzoval jsem, že je to způsobeno nízkou kvalitou mikrofonních vložek a jejich nevhodnou (kulovou) charakteristikou. Jelikož ani jeden systém neobsahoval dynamické mikrofonní vložky¹³, bylo jedním z hlavních cílů našeho výzkumu vyzkoušení dostupných dynamických mikrofonních vložek, u kterých byl předpoklad, že (oproti kondenzátorovým) budou méně náchylné ke zpětné vazbě. Následně mělo dojít k navržení a konstrukci vlastního mikrofonního systému pro vnitřní snímání zvuku.

Jako aktivní hráč na akordeon se už léta zabývám snímáním zvuku akordeonu a s přibývajícím praxí vzrůstá i moje povědomí o odlišnostech a specifikách každého jednotlivého způsobu snímání. Někdy je výsledek kvality snímaného zvuku nepředvídatelný a mnohdy se nezvyklá řešení ukazují jako překvapivě dobrá. Amplifikovaný zvuk akordeonu považuji za zvukový artefakt v konkrétním zvukoprostoru a stylu. Je tedy zřejmé, že v různých zvukových kontextech povedou k cíli, který jsem si vytyčil, odlišné cesty.

Všechny vzorky byly nahrávány do programu Avid Pro Tools 12.4 přes mikrofonní vstup převodníku Digidesign Digi 003 Rack+ s proměnnou citlivostí. Kvalita pořízených vzorků byla 24bit, 44.1 kHz, nenormalizováno, v dílčích případech byla použita úprava úrovně signálu pro srovnání s ostatními vzorky. Poslech a vyhodnocování zpětné vazby na všech vzorcích byly provedeny přes níže zmíněný předzesilovač a aktivní poslechové monitory Yamaha MSP10 (stereo

¹³ Nedávno se mi podařilo objevit systém HDSmusic, který využívá dynamických vložek na diskantovou část nástroje.

pár). Normovaná vstupní citlivost +4dBu, reproduktory byly umístěny v blízkém poslechovém poli (*near-field*). Vzdálenost monitorů (báze) 130 cm, vzdálenost od posluchače cca 150 cm, vzdálenost od nástroje 150 – 180 cm. Všechny experimenty byly prováděny ve Studiu elektronického zvuku HAMU.

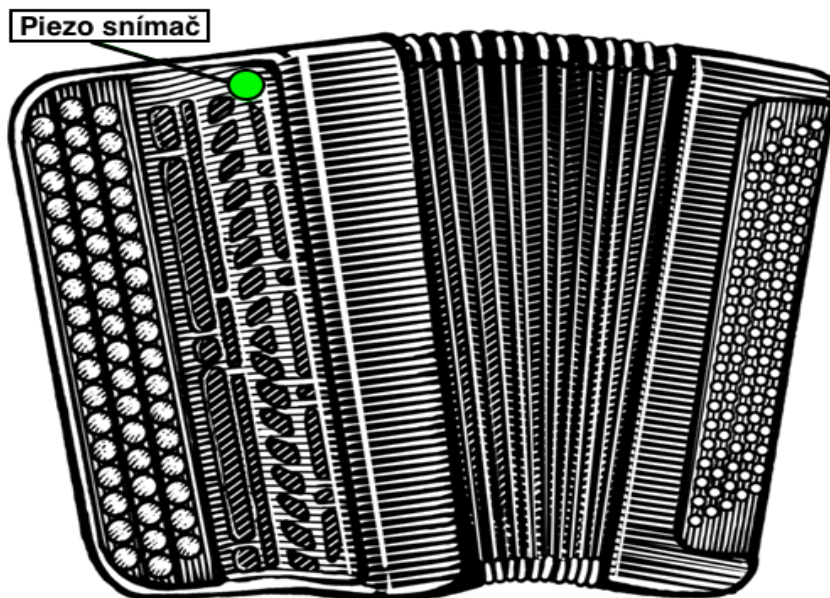
Zabývali jsme se odděleně diskantovou (tj. pravou) a basovou (tj. levou) částí nástroje. V rámci jedné ruky, bas + diskant, jsme neuvažovali o stereofonním přeuspořádání, které by sice bylo možné, ale neodráží běžnou praxi, kdy je žádoucí mít možnost samostatně ovládat každou ruku zvlášť. Pro lepší poslech mixu více mikrofonů byly při experimentech jednotlivé mikrofony rozloženy po celém panoramatu. Ve výsledku ale bude mít každá ruka mono signál. Všechny vyzkoušené varianty snímání zvuku akordeonu se pokusím popsat níže v pořadí, ve kterém reálně probíhaly. Jejich hodnocení je vedeno z pozice mého vlastního subjektivního estetického hlediska, neboť výsledný produkt je směřován k mé osobní tvůrčí aplikaci. Analýza spektrogramů jednotlivých tónů sejmutých různými typy mikrofonů není součástí této práce, neboť v blízkém poli je zásadním faktorem jejich umístění a tudíž nemají zásadní výpovědní hodnotu.

Pokud bych stručně formuloval základní body své estetiky, zajímá mne především hlasité zvukové prostředí a živá produkce. Amplifikací a využíváním nejrůznějších efektů se snažím obohatit přirozenou akustickou barvu akordeonu, a zároveň se vyrovnat zvuku ostatních nástrojů. V rámci tělesa Zabelov Group¹⁴ jsem si začal klást otázku: Jak nejlépe izolovat zvuk svého nástroje od okolí? Mým ideálem je získat maximálně čistý zvuk nástroje oddělený od okolí, který budu moci následně zpracovávat *real-time*.

14 <http://www.zabelovgroup.com>

1.1 Experiment č.1: Piezoelektrický snímač.

Jelikož akordeon spadá do kategorie aerofonů, byl úvodní experiment snímání vibrací pomocí piezoelektrického snímače považován za okrajový. Na začátku jsme upevnili piezo snímač¹⁵ na kovový povrch přední části akordeonu, pro lepší představu uvádím náčrt a fotografii níže. (Obr. 1,2)



Obr. 1 Umístění piezoelektrických snímačů, náčrt.

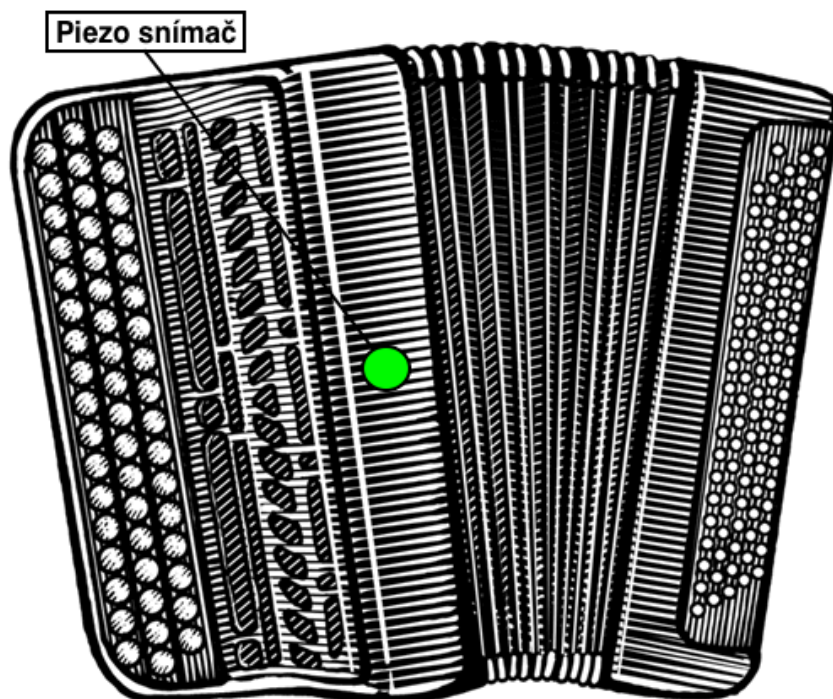


Obr. 2 Umístění piezoelektrických snímačů na diskantové části akordeonu, fotografie.

¹⁵ DICKREITER, M. Mikrofon-Aufnahmetechnik. S. Hirzel Verlag Stuttgart-Leipzig 2003. ISBN 3-7776-1199-9.

Výsledný zvuk měl spíše bzučivý charakter s ořezem spodních frekvencí.¹⁶ Na daném způsobu snímání bylo zajímavé, jak výrazně se sejmulo klapání mechanických částí nástroje. V rámci zvukových možností akordeonu je tento perkusivní projev mimořádným zvukovým efektem. Akordeonový zvuk nemá ve své přirozenosti výrazný attack, zvuk je vždy vytvářen jemným vzduchovým proudem, který rozechvívá kovové jazýčky uvnitř nástroje. Lze si představit, že v určitém hudebním kontextu může tento způsob snímání vést k velmi zajímavému obohacení běžného zvuku nástroje.

Dalším krokem bylo upevnění dvou piezoelektrických snímačů dovnitř akordeonu na dřevěný povrch těla diskantové části, viz. obrázky níže. (Obr. 3,4)



Obr. 3 Umístění piezo snímače, nákres

¹⁶ Testovací nahrávka č.1,2 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>



Obr. 4 Umístění piezoelektrických snímačů uvnitř diskantové části nástroje, fotografie

Charakter zvuku byl velmi podobný, i když možná o něco méně nazální.¹⁷ Mechanické klapání již nebylo tolik výrazné, zvuk byl o něco čistší. Výškové spektrum snímané piezoelektrickými snímači se později ukázalo v určitém směru jedinečné, protože ani dynamické ani kondenzátorové mikrofony nedosahují v této frekvenční oblasti takového výsledku. Do budoucna by mohlo být zajímavé uvažovat o piezoelektrických snímačích jako o doplňku k jinému, univerzálnějšímu způsobu snímání.

¹⁷ Testovací nahrávka č.3 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

1.2 Experiment č.2: Dynamická sluchátka do uší

Jelikož je každý reproduktor ve své podstatě zároveň mikrofonem a naopak, zapojili jsme pokusně obyčejná sluchátka („špunty“ do uší) jako mikrofon viz. foto níže. (Obr. 5, 6)

Kvalitativně nejsou sluchátka, ve srovnání s běžnými mikrofony, tak citlivá, a navíc mají značně nevyrovnanou frekvenční charakteristiku. Chtěli jsme však vyzkoušet dynamické mikrofony a tento typ sluchátek byl první dostupnou a nejlevnější variantou.

Z nahrávky je patrné, že zvuku chybějí vyšší oblasti zvukového spektra, má tudíž spíše středový charakter a připomíná poněkud zvuk za zavřenými dveřmi.¹⁸ Domnívám se, že daný způsob snímání zvuku bezpochyby může fungovat experimentálně jako doplněk ke konvenčním způsobům snímání, avšak v souvislosti s konstrukcí mikrofonního systému nejsou sluchátka vhodný řešením.



Obr. 5 Větší dynamické sluchátko na krytu diskantové části, fotografie



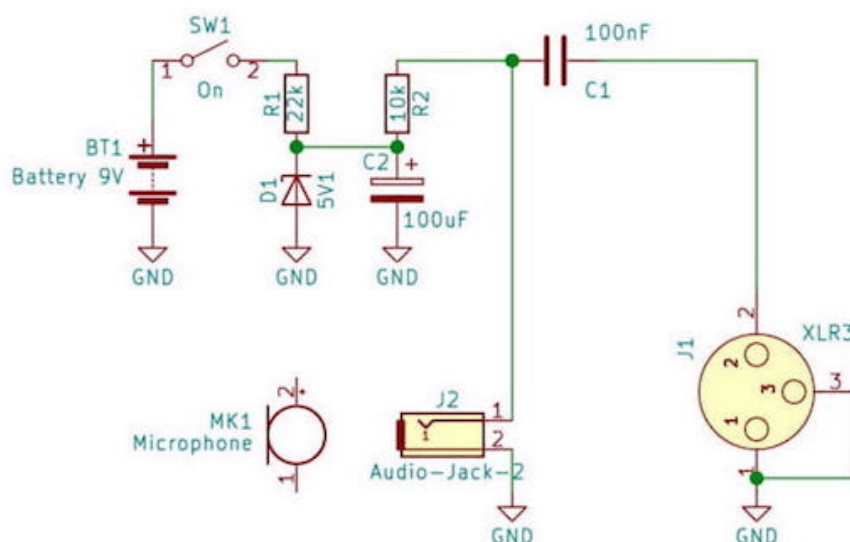
Obr. 6 Menší dynamické sluchátko na krytu diskantové části, fotografie

18 Testovací nahrávka č.4,5 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

1.3 Experiment č.3: Sennheiser ME 2-II¹⁹, kondenzátorový, frekvenční rozsah: 30 Hz – 20 kHz.

Malý klopový mikrofon s kulovou charakteristikou určený pro snímání lidského hlasu a hudebních nástrojů.

Tento experiment představoval v dosavadním průběhu výzkumu první velké překvapení. Mikrofony se projevily jako velmi kvalitní výrobek. Jimi sejmutý zvuk působí neočekávaně plně. Obsahuje krásné silné basy, stejně jako středy a výšky. Zvuk z nahrávky připomíná reálný přirozený akustický zvuk akordeonu.²⁰ Zkouška zpětné vazby proběhla podobně úspěšně, náchylnost byla relativně malá. Akordeon byl nasměrován přímo na reproduktory a i když zněl relativně nahlas, žádná vazba se neprojevila. Ozvala se až v extrémní hlasitosti, což znovu potvrdilo kvalitu mikrofonu **Sennheiser ME 2-II**. Na fotografiích je vidět schéma speciálně vyrobeného napáječe elektretového mikrofonu²¹, umístění mikrofonu a zdroj napájení. (Obr. 7 – 11)²²



Obr. 7 Schéma napáječe

19 Sennheiser [online]. [cit. 22. 02. 2019]. Dostupné z: <https://en-us.sennheiser.com/mini-lavalier-microphone-clip-on-live-speech-vocals-instrument-miking-me-2>

20 Testovací nahrávka č.6-10 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUAZH?ogsrc=32>

21 Autor M.Guštar

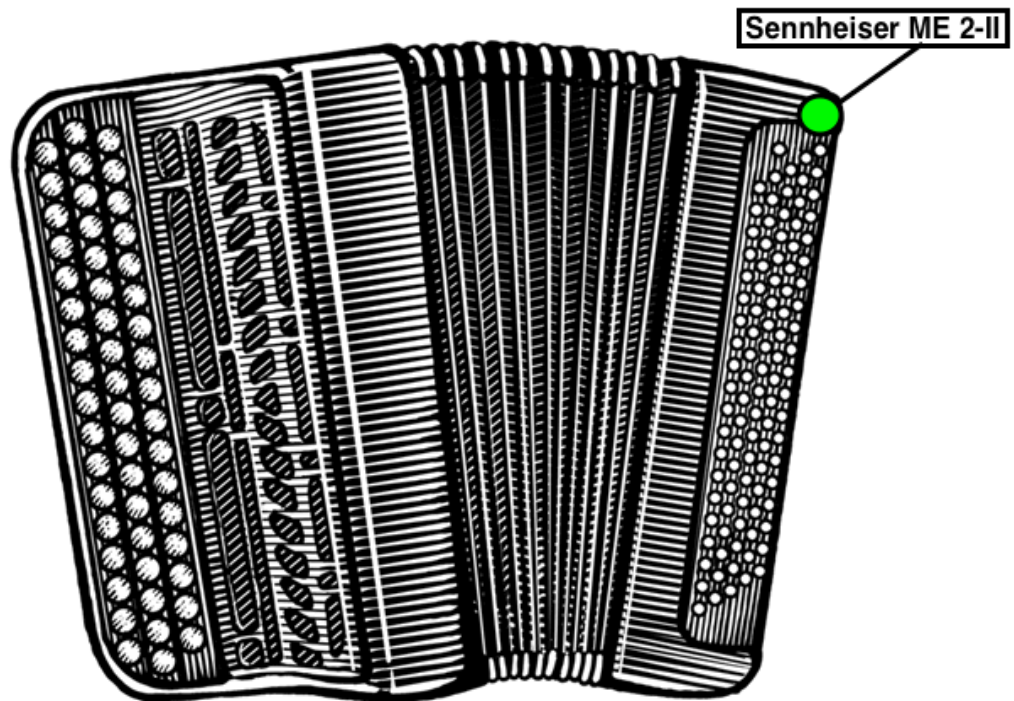
22 Zenerova dioda D1 spolu s odporem R1 stabilizuje napětí na cca 5V, které je filtrováno kondenzátorem C2. Mikrofon je napájen přes odpor R2. Proměnný odběr mikrofonu vytváří na R2 změny napětí (výstupní signál). Kondenzátor C1 odděluje střídavou složku signálu a přivádí ji na výstupní konektor.



Obr. 8 Sennheiser ME 2-II na krytu diskantové části, fotografie



Obr. 9 Zdroj napájení, fotografie



Obr. 10 **Sennheiser ME 2-II** nahoře na basové části nástroje, nákres



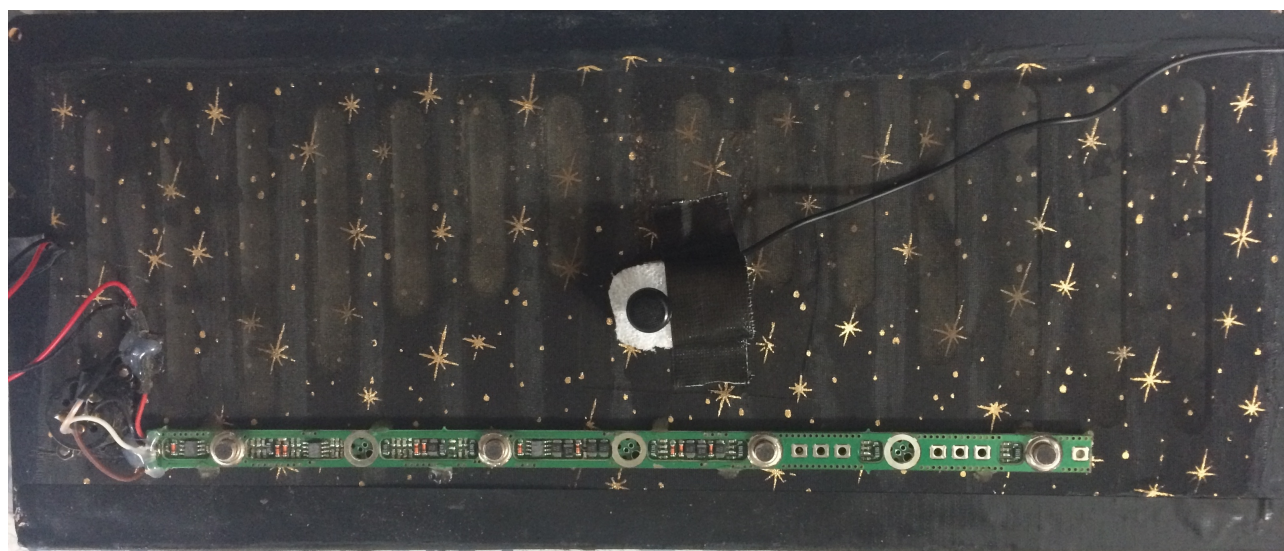
Obr. 11 **Sennheiser ME 2-II** nahoře na basové části nástroje, fotografie

1.4 Experiment č.4: Sennheiser ME 4-N²³, kondenzátorový, frekvenční rozsah: 50 Hz – 18 kHz.

Klopový mikrofon s kardioidní charakteristikou. Díky směrovosti je vhodný pro snímání (záznam) řeči jedné osoby nebo konkrétního nástroje v hlučném prostředí. Na zkoušku jsme mikrofon nainstalovali zevnitř krytu diskantové části a k mechanice na krytu basové části, viz obrázky níže. (Obr.12,13)



Obr. 12 Sennheiser ME 4-N na krytu diskantové části, fotografie



Obr. 13 Sennheiser ME 4-N na krytu basové části, fotografie

²³ Sennheiser [online]. [cit. 8. 03. 2019]. Dostupné z: <https://en-us.sennheiser.com/mini-lavalier-microphone-clip-on-live-speech-me-4>

Stejně jako předchozí typ mikrofonu, **ME 4-N** potřebuje provozní napětí cca 5 V.

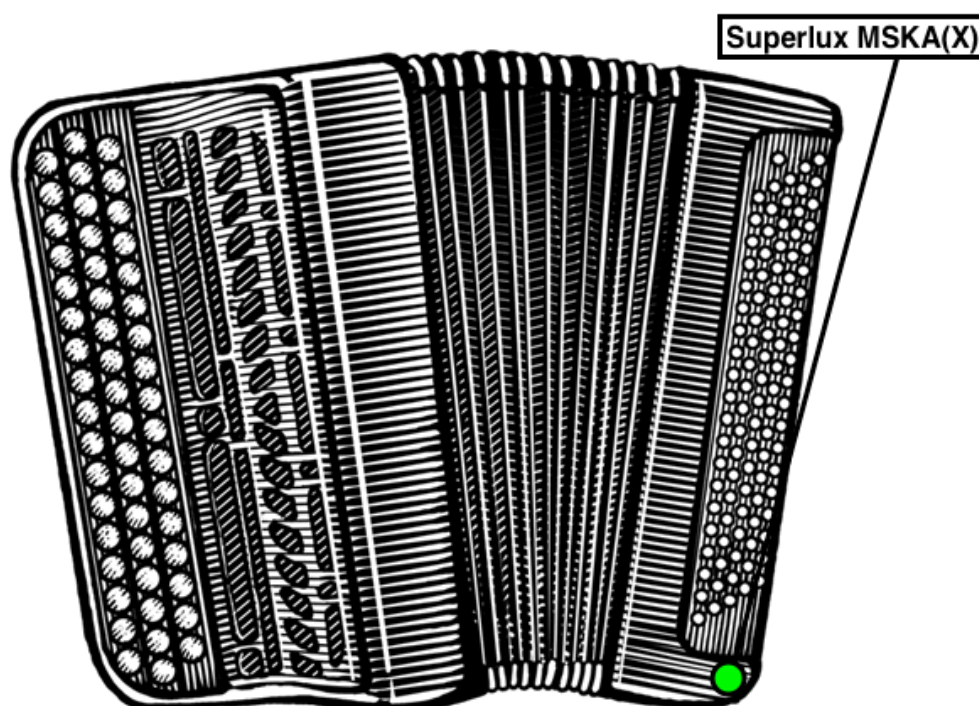
Záznam ukázal, že zvukově **ME 4-N** zdatně konkuruje svému předchůdci **ME 2-II**.²⁴ Působí velmi plně, má krásné výšky. Při poslechu si ovšem můžeme povšimnout jednoho podstatného rozdílu, týká se spodního rejstříku. To je bezpochyby dáno frekvenční charakteristikou, která zase přímo souvisí s odlišnou směrovou charakteristikou. Zatímco mikrofon **ME 2-II** přenáší širokou velmi teplou barvu basu levé ruky, basy levé ruky snímané mikrofonem **ME 4-N** znějí o něco chudší, jako by dostatečně nerezonovaly. Co se týče zpětné vazby, projevil se daný typ mikrofonu jako ještě odolnější.

Mikrofony **ME 2-II** a **ME 4-N** umožnily prozatím nejpresvědčivější a nejuvěrohodnější převod akustického signálu na elektrický.

²⁴ Testovací nahrávka č.11-14 [online]. Dostupné z:
<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUAH?ogsrc=32>

1.5 Experiment č. 5: Superlux MSKA(X)²⁵, frekvenční rozsah: 80 Hz – 12 kHz.

Dynamický mikrofon se směrovou charakteristikou superkardioida. V zásadě se jedná o jeden z nejběžnějších druhů mikrofonů standardně využívaných pro amplifikaci zpěvu. Velikost mikrofonní vložky je už na hranici možnosti umístění uvnitř nástroje. Asi by bylo těžko možné z nich sestavit celý vnitřní mikrofonní systém pro akordeon, ale v rámci úplnosti našeho výzkumu jsme jej nechtěli opomenout. Nákres a fotografie instalace mikrofonu v basové části nástroje jsou níže. (Obr. 14,15)



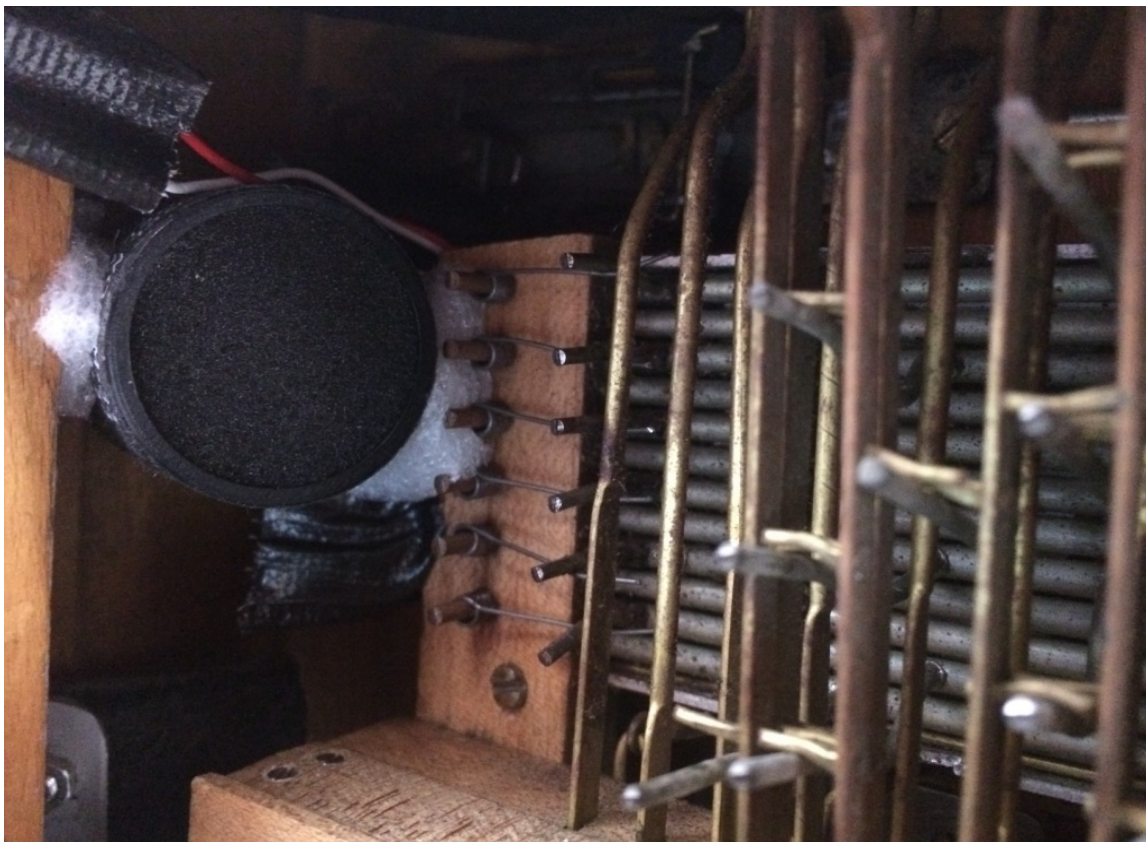
Obr. 14 **Superlux MSKA(X)** dole uvnitř basové části nástroje, nákres

Výsledný zvuk nahrávky působí velmi nekvalitně, zvuk je nazální, jakoby pod dekou.²⁶ Chybí jiskřivější výšky a celkově je zvuk spektrálně velmi nevyrovnaný. Dynamické mikrofony se obecně využívají v takových situacích, kdy se vyžaduje odolnost vůči zpětné vazbě. Bohužel přišlo zklamání. Experiment dopadl neuspokojivě. Ve srovnání s mikrofony **Sennheiser ME 2-II** a **ME 4-N** se

25 Kytary.cz: SUPERLUX MSKA(X) [online]. [cit. 6. 12. 2016]. Dostupné z: <https://kytary.cz/superlux-mskax/HN157551/>

26 Testovací nahrávka č.15-17 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

dynamický mikrofón **Superlux MSKA(X)** dostal do zpětné vazby poměrně rychle, a nastavená kritéria tedy nesplnil.

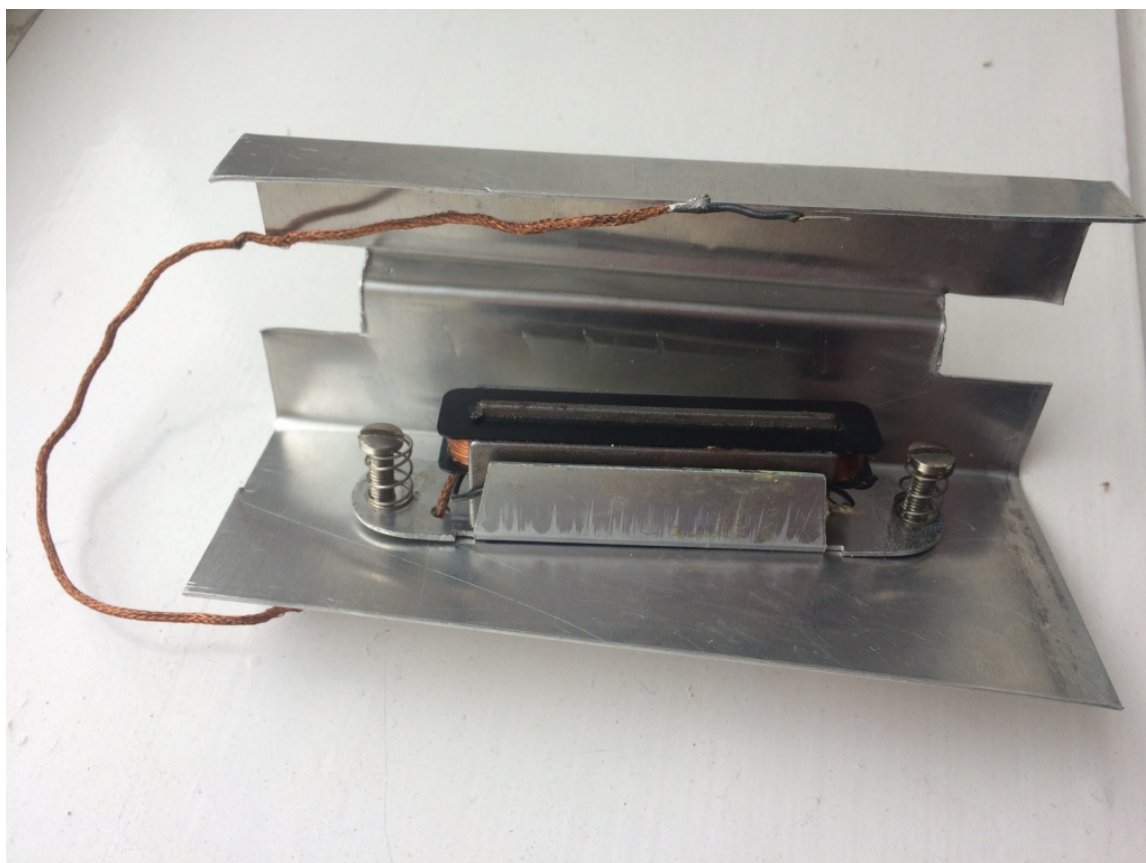


Obr. 15 **Superlux MSKA(X)** dole uvnitř basové části nástroje, fotografie

1.6 Experiment č.6: Basový elektromagnetický snímač Tesla

Během výzkumu jsme přišli na jeden velmi originální způsob snímání zvuku akordeonu. Jelikož zvuk akordeonu vytvářejí chvějící se kovové jazýčky, napadlo nás vyzkoušet, jak se bude chovat klasický kytarový elektromagnetický snímač. Z důvodu absence místa uvnitř nástroje bylo od začátku zřejmé, že nainstalovat snímače na celý rozsah akordeonu jednoduše není možné.²⁷ Jednalo se ryze o pokus, který ukáže, zda je daný způsob snímání vůbec smysluplný.

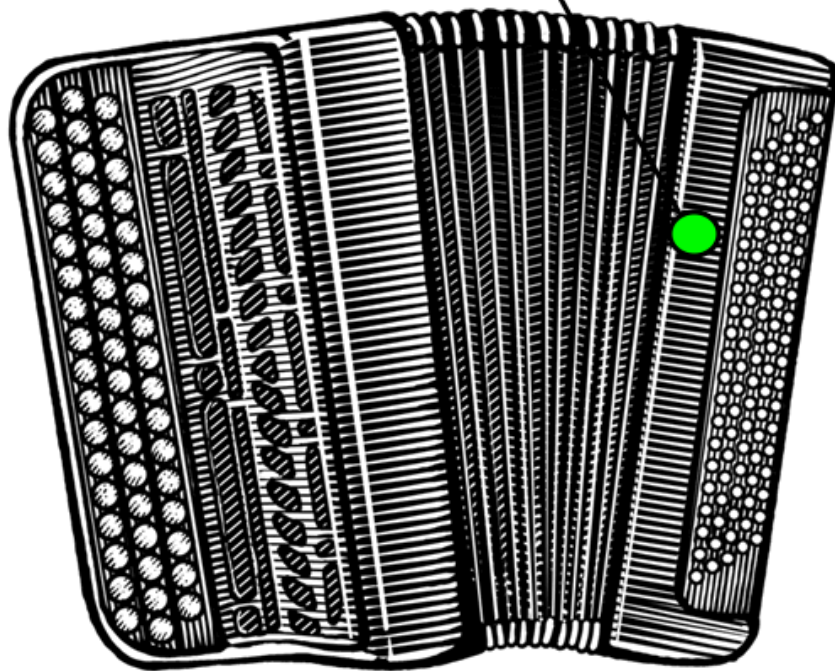
Basový elektromagnetický snímač **Tesla** jsme vymontovali z basové kytary. Pro lepší uchycení uvnitř nástroje jsem navrhnul jednoduchý držák. Fotografie držáku, umístění a nákres viz níže. (Obr. 16 - 18)



Obr. 16 Basový elektromagnetický snímač **Tesla** + držák, fotografie

²⁷ Museli bychom sestrojít vlastní snímač, který by vyhověl omezeným prostorovým dispozicím nástroje.

Basový elektromagnetický snímač Tesla



Obr. 17 Elektromagnetický snímač **Tesla** uvnitř basové části nástroje, nákres



Obr. 18 Elektromagnetický snímač **Tesla** uvnitř basové části nástroje, fotografie

Výsledný zvuk má velmi zajímavou barvu.²⁸ Jedná se o přímé snímání mechanických kmitů, což je (pokud vím) u akordeonu zatím zcela neprobádaný přístup. Na jednu stranu spolehlivě určíme jeho akustický zdroj, na druhou stranu se poněkud podobá syntetickému zvuku syntezátoru. Zpětná vazba je v tomto případě zcela vyloučená.

28 Testovací nahrávka č.18 [online]. Dostupné z:
<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

1.7 Experiment č.7:

Shure WH20²⁹, frekvenční rozsah: 50 –15000 Hz

Dynamický Mikrofon Shure WH20 nás zaujal kardioidní směrovou charakteristikou a malými rozměry. Daný mikrofon je určen přednostně pro amplifikaci mluveného slova. Dalo se tedy očekávat, že spodní frekvenční pásmo bude potlačeno, a naopak vyšší středové bude zdůrazněno, protože má největší podíl na srozumitelnosti řeči. Nás ale nejvíce zajímala odolnost vůči zpětné vazbě. Fotografie uchycení mikrofonu a nákres jsou níže. (Obr. 19 - 20)



Obr. 19 **Shure WH20** na krytu diskantové části nástroje, fotografie

Zvukově se **Shure WH20** hodně podobá mikrofonu **Superlux MSKA(X)**.³⁰ Jeho zvuk je spíše středový, nazální. Jediný podstatný rozdíl se ukázal ve snímání basové části akordeonu. Zde působí **Superlux MSKA(X)** o něco plněji, i když ani on nedosahuje potřebné kvality. Co se týče zpětné vazby, přišlo opět překvapení. Ve srovnání s mikrofony **Sennheiser ME 2-II** a **ME 4-N**, což jsou prozatím nejlepší typy (a to nejen ve zpětné vazbě, ale i ve zvuku), se mikrofon

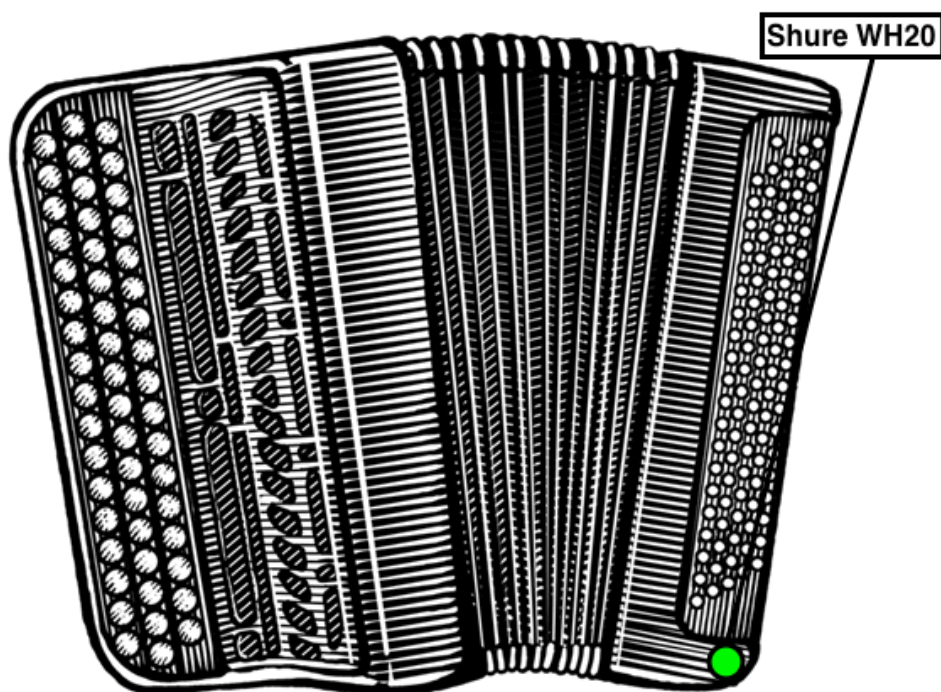
29 Manualslib: Shure WH20 User Manual [online]. [cit. 5. 03. 2019]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/manual/152268/Shure-Wh20.html>

30 Testovací nahrávka č.19,20 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

Shure WH20 dostal do zpětné vazby poměrně rychle. Je tedy zřejmé, že ani tento dynamický mikrofon není vhodný.



Obr. 20 **Shure WH20** dole uvnitř basové části nástroje, fotografie



Obr. 21 **Shure WH20** dole uvnitř basové části nástroje, nákres

1.8 Experiment č.8:

Mikrofonní systém Totter Midi TM3³¹ - ACOUSTIC

Kontrolní opakované porovnání dosažených dílčích výsledků s komerčním mikrofonním systémem TM3 – ACOUSTIC od slovinského výrobce Totter Midi. (Obr. 22)



Obr. 22 Totter Midi TM3, fotografie

Vyžívám tento systém ve své koncertní činnosti už léta a teprve teď, po provedení výše popsaných experimentů, si začínám uvědomovat, jak chabý je jeho výsledný zvuk.³² Všechny dosud odzkoušené způsoby snímání, a to i přes uvedené výhrady, lze považovat za lepší, nebo přinejmenším srovnatelné!

31 Totter Midi [online]. [cit. 9. 12. 2016]. Dostupné z: <https://totter-midi.com>

32 Testovací nahrávka č.21 [online]. Dostupné z: <https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

1.9 Shrnutí dosažených výsledků a stanovení další fáze výzkumu

Ani jeden ze zvolených dynamických mikrofonů se kvalitativně nevyrovnal mikrofonům kondenzátorovým.

Poté, co jsme vyzkoušeli všechny dostupné snímače a mikrofony, jsme došli k závěru, že kritéria stanovená na počátku splnily prozatím jenom následující dva typy:

1. **Sennheiser ME 4-N**, kondenzátorový s kardioidní směrovou charakteristikou,
2. **Sennheiser ME 2-II**, kondenzátorový s kulovou charakteristikou.

Kardioidní mikrofon **Sennheiser ME 4-N** se projevil jako nejvhodnější pro snímání zvuku diskantové části akordeonu. Díky svojí směrovosti je o něco odolnější vůči vnějšímu hluku, což je v případě otevřené melodické části pravé ruky akordeonu velmi výhodné. Pro basovou část akordeonu se naopak, a to především z konstrukčních důvodů těla nástroje, jeví jako nejvhodnější kulový mikrofon **Sennheiser ME 2-II**. Abychom zachytili akustické prostředí basové části nástroje, zvolili jsme kulový mikrofon, který snímá veškeré odrazy uvnitř uzavřené skříně, zatímco pole kardioidního mikrofonu je nerovnoměrné.

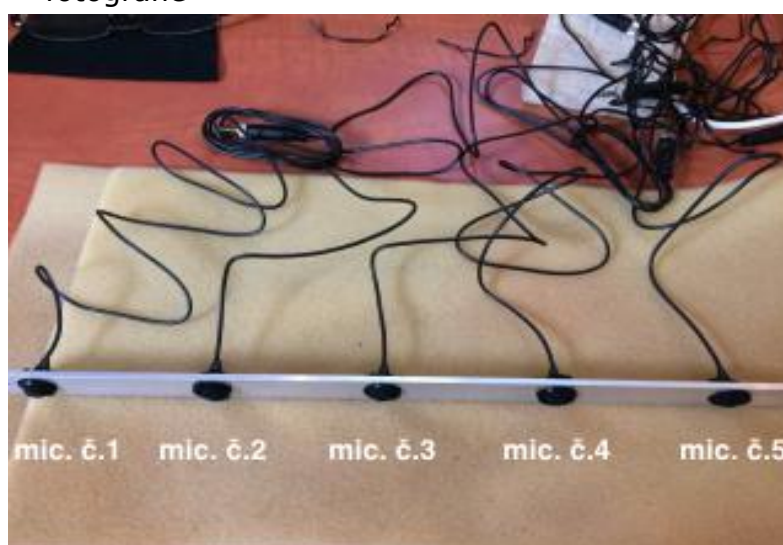
Další fázi výzkumu jsme zaměřili na hledání optimálního počtu mikrofonů pro diskantovou i basovou část nástroje a definitivní rozhodnutí konkrétních typů mikrofonů a jejich umístění.

1.10 Hledání ideálního typu mikrofonu a jeho umístění

Naplnění optimizmem a s velkým entuziazmem jsme se pustili do prvního prototypu mikrofonu pro diskantovou část akordeonu. Změřili jsme šířku nástroje a následně vyrobili jednoduchý hliníkový držák na mikrofony. 5 kardioidních mikrofonů **Sennheiser ME 4-N** jsme rozmístili v pravidelných rozestupech po celé šířce nástroje od nejvyšších tónů (mic. č. 1) směrem k nejnižším (mic. č. 5), viz. foto níže. (Obr. 23, 24)



Obr. 23 Pět kardioidních mikrofonů **Sennheiser ME 4-N** na diskantové části, fotografie



Obr. 24 5 kardioidních mikrofonů **Sennheiser ME 4-N**, fotografie

Následovalo hořké zklamání. Už s pouhými pěti mikrofony zněl zvuk nerealisticky, s překvapivě ochuzeným spektrem.³³ Poslechli jsme si předešlé testovací nahrávky pořízené jedním mikrofonom stejného typu, které mají krásný plný zvuk. Poté jsme poslouchali každý z pětice mikrofonů zvlášť a opět byl zvuk přirozeně čistý. Ukazuje se tedy, že hřebenový filtr³⁴, který vzniká paralelním zapojením více mikrofonů umístěných vedle sebe, je v blízkém poli tak výrazný, že výsledný zvuk zcela znehodnocuje. Ovšem tím naše problémy neskončily. Ke hřebenovému filtru se nádavkem připojil tzv. „Proximity efekt“.³⁵ Tento jev vzniká u směrových mikrofonů v blízkém poli a projevuje se zesílením basových frekvencí.

Existuje několik způsobů jak omezit problémy s hřebenovým filtrem:

1. rozmístění mikrofonů v nepravidelných rozestupech
2. otočení fáze
3. ekvalizace
4. využití extrémního počtu mikrofonů a tím minimalizovat jeho vznik

Pokus s posouváním mikrofonů nic zásadního nepřinesl. Díky nahrávce jsme ovšem mohli provést jednoduchý test s otočením fáze. Vyzkoušeli jsme nejrůznější kombinace, nejrealističtější zvuk poskytly následující dvě varianty:

1. otočená fáze u mikrofonu č.1³⁶
2. otočená fáze u mikrofonu č. 1 a 3³⁷

Přesto nás výsledný zvuk nepřesvědčil a obecně nedosahoval požadované kvality. Zkoušeli jsme pracovat s menším počtem mikrofonů a také s dynamickými poměry mezi nimi, avšak nic s toho nebylo lepší než jeden samotný mikrofon. Nutno podotknout, že jeden směrový mikrofon bohužel nedokáže pokrýt celou šířku nástroje. Všechny tyto zkušenosti nás navedly na další experimenty, zejména s kombinováním odlišných směrových charakteristik dvou vybraných mikrofonů.

33 Testovací nahrávka č.22 [online]. Dostupné z:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

34 HARTMANN, P. Snímání bicí sady. Praha, 2014. České vysoké učení technické v Praze. Výpočetní a informační centrum. Vedoucí práce Rund František. s.19

35 Neumann.Berlin: Microphone basics - Germany [online]. [cit. 16. 10. 2018]. Dostupné z: <https://www.neumann.com/homestudio/en/what-is-the-proximity-effect>

36 Testovací nahrávka č.23 [online]. Dostupné z:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>

37 Testovací nahrávka č.24 [online]. Tamtéž

Jako první se nabízelo vyzkoušet variaci na klasický studiový přístup, kdy máme jeden blízký mikrofonní spot a k tomu dvojici vzdálenějších mikrofonů pro pokrytí šíře.³⁸ My ovšem máme všechny tři mikrofony uvnitř nástroje a pracujeme s jejich dynamickými poměry. Doprostřed jsme umístili směrový **ME 4-N** a ze stran vždy po jednom kulovém **ME 2-II**. Zvuk se značně pročistil! Prozatím to byla asi nejlepší varianta ze všech, i když byla v rozsahu nástroje patrná barevně odlišná oblast v poli prostředního mikrofonu. Další kombinace vypadala takto: doprostřed a na okraje byly rozmístěny 3 kulové mikrofony **ME 2-II** a mezi ně 2 směrové **ME 4-N**. Na první poslech tato varianta zněla hůře.³⁹ Varianta s menším počtem mikrofonů měla čistší zvuk.

Poslední a rozhodující bylo srovnání prvně jmenované varianty (kombinace 2 kulových **ME 2-II** a 1 směrového mikrofonu **ME 4-N**) se 3 kulovými mikrofony **ME 2-II**⁴⁰ (prostřední mikrofon má otočenou fázi a je ztišený o 6dB). Obě varianty jsme vyhodnotili jako použitelné, avšak z důvodů lepšího pokrytí celé šíře nástroje jsme se přiklonili k poslední jmenovanému řešení.

Další výzkum byl nasměrován na basovou část akordeonu. Ta je specifická tím, že ve srovnání s pravou částí je konstrukčně o něco zavřenější. Vycházející zvuk má delší cestu ven kvůli složitějšímu uspořádání mechaniky levé části nástroje. V důsledku toho se zvuk uvnitř nástroje vícenásobně odráží.

Jak jsme zmínili výše, pro snímání zvuku basové části akordeonu se nejlépe osvědčil kulový mikrofon **ME 2-II**. Naším prvním dílčím cílem bylo najít optimální počet mikrofonů.

Experiment s jedním mikrofonem potvrdil, že co se týče snímání zvuku basové části nástroje, je i jeden mikrofon schopen poměrně dobře a bez větších propadů zvuk sejmout, což na diskantové části akordeonu v tak blízkém poli téměř není možné. Experiment se dvěma mikrofony ukázal, že zvuk je o něco vyrovnanější a bohatší ve spodním frekvenčním pásmu.⁴¹ Tato varianta se jevila jako optimální, dokud jsme nevyzkoušeli variantu se třemi mikrofony.⁴² Byl to nejčistší a nejpřesvědčivější zvuk, kterého jsme doposud dosáhli.

38 Testovací nahrávka č.25 [online]. Tamtéž

39 Testovací nahrávka č.26 [online]. Tamtéž

40 Testovací nahrávka č.27,28 [online]. Tamtéž

41 Testovací nahrávka č.29,30 [online]. Dostupné z:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH?ogsrc=32>.

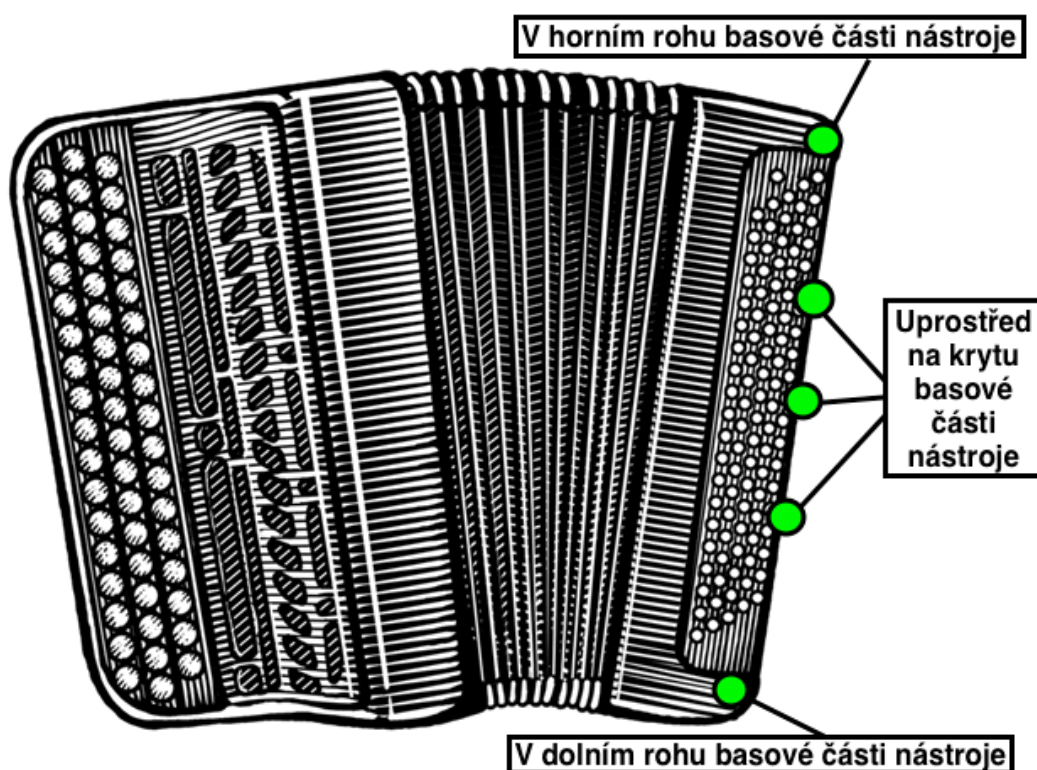
42 Testovací nahrávka č.31,32 [online]. Tamtéž.

Tyto výsledky nás navedly na ideu flexibilního počtu použitých mikrofonů. Toto řešení přispívá k větší variabilitě zvuku dle konkrétního kontextu a požadavků. Dále jsme se zaměřili na hledání definitivního umístění mikrofonů v basové části nástroje.

Vyzkoušeli jsme různé pozice mikrofonů:

1. V horním rohu basové části nástroje
2. V dolním rohu basové části nástroje
3. Uprostřed na krytu basové části nástroje

Viz. náčrt níže. (Obr. 25)



Obr. 25 Pozice mikrofonů, náčrt

Mikrofony umístěné v rozích připomínaly zvuk malého uzavřeného prostoru, čemuž jistě přispěly odrazy zvukových vln. Mikrofony rozmístěné na krytu zněly mnohem přirozeněji. Stejně jako na části pravé ruky akordeonu přispěly k lepšímu zvuku nepravidelné rozestupy mezi mikrofony. Odzkoušeli jsme také různé nasměrování membrány mikrofonů ve vztahu ke zdroji akustického tlaku a jako neoptimálnější se ukázalo otočení o 90° (obr. 31).

1.11 Shrnutí a konstrukce

Nejlépe se osvědčily následující varianty:

Diskantová část nástroje:

A) 2 mikrofony s kulovou charakteristikou **Sennheiser ME 2-II** a 1 směrový mikrofón **Sennheiser ME 4-N**

B) 3 kondenzátorové mikrofony s kulovou charakteristikou **Sennheiser ME 2-II**

Basová část nástroje:

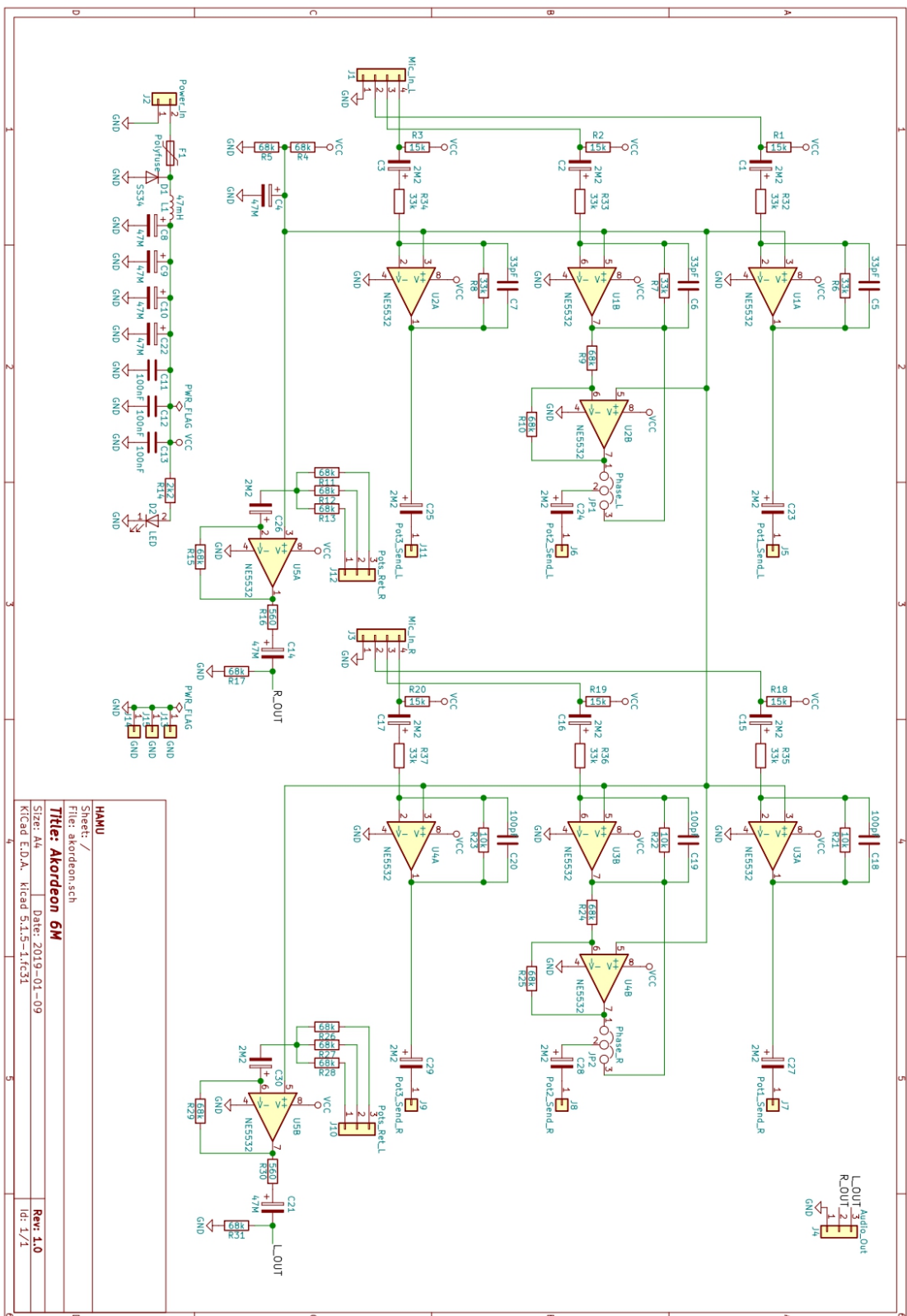
A) 2 kondenzátorové mikrofony s kulovou charakteristikou **Sennheiser ME 2-II**

B) 3 kondenzátorové mikrofony s kulovou charakteristikou **Sennheiser ME 2-II**

Ve finále jsme si zvolili pro diskantovou část nástroje variantu B), tj. tři kondenzátorové mikrofony s kulovou charakteristikou **Sennheiser ME 2-II**. Výsledný zvuk jsme vyhodnotili jako nejrealističtější a zároveň nejvyrovnanější ve všech pásmech nástroje. Co se týče části basové, rozhodli jsme, že pro větší zvukovou variabilitu budeme kombinovat obě dvě varianty. Pomocí ovládaní úrovně hlasitosti prostředního mikrofónu lze mezi variantami jednoduše plynule přecházet.⁴³

Na fotografiích níže uvádím kompletní schéma speciálně vyrobeného předzesilovače, reálný obrázek předzesilovače a mikrofony pro diskantovou a basovou část. (*Obr. 26 – 31*)

⁴³ Na mém nástroji není volba registrů pro basovou část, a tudíž mi toto nastavení umožňuje do určité míry ovlivnit barevnou kvalitu.



Obr. 26 Schéma předzesilovače

HAMU
Sheet: /
File: akordeon.sch
Title: Akordeon GM
Size: A4
Date: 2019-01-09
KiCad E.D.A. - kicad 5.1.5-1.rc31
Rev 1.0
Id: 1/1



Obr. 27 Předzesilovač přední strana, fotografie



Obr. 28 Předzesilovač zadní strana, fotografie



Obr. 29 Mikrofonní lišta



Obr. 30 Mikrofonní systém na diskantové části nástroje



Obr. 31 Mikrofonní systém na basové části nástroje

1.12 Testování při kompoziční práci

Po několika měsících jsem obdržel nově zkonstruovaný předzesilovač na testování. Hned vzápětí se projevilo několik nečekaných problémů:

- Výrazný brum zapnutého předzesilovače
- Zvláštní projevy ruchů ve zvukovém signálu (při ovládaní potenciometrem spodního mikrofonu diskantové části nástroje)
- Zkreslení signálů obou částí nástroje

V procesu dalších testovacích experimentů se zjistilo, že na diskantové části nástroje u spodního mikrofonu byl poškozený operační předzesilovač. Oprava proběhla úspěšně a s ní byl odstraněn brum i všechny ostatní ruchy ve zvukovém signálu.

Na basové části nástroje jsme snížili vstupní úroveň signálu. Tím jsme docílili přirozeného zvukového signálu bez zkreslení. Delší dobu jsme bojovali se snižováním vstupní úrovně signálu mikrofonů na diskantové části, ale stále se nám nedařilo zbavit se nežádoucího zkreslení. Při extrémních dynamikách a ostrém nárazu ve vysokém rejstříku docházelo k velmi krátkému clipovitému zkreslení výstupního signálu.

Ve srovnání s basovou částí nástroje diskantová část produkuje o hodně vyšší akustický tlak, a to hlavně ve vyšším frekvenčním pásmu. Zároveň vzdálenost mikrofonů od otvorů klapek je opravdu minimální, a tudíž při ostrém nárazu v nejhlasitějším rejstříku tutti vychází kromě zvuku i silný proud vzduchu, který také může vytvářet nežádoucí zvukové kazy.

Snížili jsme úroveň vstupního signálu na nejmenší možnou míru, avšak ani to nepřineslo kýžený efekt. Ukázalo se, že problém netkví v nastavených limitech předzesilovače, ale v přetížení mikrofonů. Každý mikrofon má danou citlivost a mezní hranici maximálního akustického tlaku, který je schopen přenést. Z pokusů vyplynulo, že v blízkém poli poměrně uzavřené skříň nástroje je akustický tlak nad možnostmi mikrofonů **Sennheiser ME 2-II**. Řešením bylo jednak zvýšit vzdálenost mikrofonů od zdroje, a jednak snížit napájecí napětí a tím i citlivost mikrofonů. Jelikož má Sennheiser ME 2-II kulovou charakteristiku, mohli jsme mikrofony otočit o 90° tak, aby membrána nemířila do otvorů. Nenachází se teď tedy mezi klapkami uzavírajícími otvory, ale nad nimi.

Snížení napájecího napětí mikrofonů pro diskantovou část nástroje na 5V přineslo slyšitelné zlepšení, ale kvůli extrémní blízkosti mikrofonů byly stále přítomny vzduchové nárazy při ataku, a tudíž i zvukové kazy v extrémní dynamice. Dalším krokem bylo snížení napětí na 3V, ale tento experiment žádnou slyšitelnou změnu nepřinesl. Rozhodli jsme se tedy opatřit mikrofony improvizovanou větrnou ochranou, což se ukázalo jako účinné řešení (*Obr. 32*).

Otočením mikrofonů o 90° jsme získali větší vzdálenost od zdroje zvuku a nasazením větrné ochrany izolaci před vzduchovými nárazy. Následně jsem objednal výrobu nových úchytů, které kromě otočení a větší vzdálenosti nyní umožňují plynulý posun mikrofonů po celé šířce nástroje.



Obr. 32 Nové úchyty a molitanové návleky na diskantové části nástroje

Všechny provedené změny společně s novými úchyty a molitanovými návleky jsme ještě jednou ověřili ve studiu a test byl úspěšný. Mohl jsem tedy přistoupit ke kompozičnímu využití vnitřního mikrofonního systému, který má pracovní označení ZUG-MK1.

2. Studie pro nový mikrofonní systém

2.1 Studie 1⁴⁴

Úvodní studii jsem pojal jako krátkou ukázkou perkusivních zvuků nástroje. Například jemné klouzání po knoflících, jemný pohyb prstů pravé ruky po uzavřenému měchu, jemné úderý na kryt, knoflíky a otevřený měch nástroje, vzduchový knoflík, přepínání rejstříků apod. (Obr. 33).

The image shows three systems of musical notation for 'Studie 1'.
System 1 (measures 4-6): Treble clef with four quarter notes (C4, D4, E4, F4). Bass clef has a whole rest. A box labeled '+ Loop 3' contains the instruction 'Vzduchový knoflík, tahnout směrem ven'. A dynamic marking *p* is at the bottom.
System 2 (measures 7-10): Treble clef with a melodic line of eighth notes. A box labeled '+ Loop 4' contains the instruction 'Klouzat nahoru a dolů po klávesách pravé ruky'. Bass clef has a similar melodic line. A box contains the instruction 'Klouzat nahoru a dolů po klávesách levé ruky'. A dynamic marking *mf* is at the beginning.
System 3 (measures 11-14): Treble clef with a series of notes and rests. A box contains the instruction 'Úder dlaní do otevřeného měchu nástroje'. Another box contains 'Jemné úderý na kryt'. A third box contains 'Jemné úderý na klapky'. A box labeled 'Dlaň' is above a note. A box labeled 'L.R. Pr.R. L.R.' is above a note. A dynamic marking *mp* is at the beginning, and *mf* is later. An arrow points to the right at the end of the system.

Obr. 33 Studie 1

Amplifikace v daném případě hraje nezastupitelnou roli. Napomáhá zesílení šelestů (některé z nich jsou opravdu velmi jemné) a zároveň umožňuje následné zpracování výsledného signálu. Abych dosáhl co nejčistšího sejmutí, rozhodl jsem, že použiji jenom jeden mikrofon na diskantové části nástroje a dva na levé. Pro snadné vrstvení krátkých patternů jsem použil techniku živě nahrávaných smyček (looper). Řekl bych, že bez amplifikace by některé prvky této konkrétní studie nebyly proveditelné (slyšitelné) a samozřejmě by nešlo použít looper. Nutno podotknout, že studie se dá provést i za pomoci jiných komerčních mikrofonních systémů, avšak základní rozdíl se nachází v kvalitě snímání zvuku a možnosti flexibilního experimentování s počtem mikrofonů.

44 Nahrávka viz Příloha č.3: CD/studie/audio: 1. ZABELOV, R. - Studie 1_audio.wav
Nahrávky používají decentní reverb a ekvalizaci dle potřeby.
Všechny nahrávky studií jsou dostupné také online:
https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqqxl_m

2.2 Studie 2⁴⁵

Během dalších experimentů jsem dostal nápad vytvořit krátkou studii postavenou na jednoduchém zvukovém efektu *echo* mezi diskantovou a basovou částí nástroje. Po celou dobu studie se základní opakující figura nachází v poli prostředních mikrofonů. K dosažení žádaného efektu vypínám prostřední mikrofon na diskantové části nástroje a ke snímání používám zbylé dva krajní. Basovou část nástroje snímám všemi třemi mikrofony, protože v rámci této studie ji vnímám jako hlavní zvukové pásmo. Abych ještě více zdůraznil potlačení středního registru, přidal jsem na diskantovou část melodii, která skáče mezi spodním a vysokým registrem, a je tudíž mnohem blíže krajním mikrofonům (viz Obr. 34).

Studie 2 R.Zabelov

⊖ **Rubato**

T1,T3 - |100%|,T2 - |0%|
B2 - |100%|

6

11

Obr. 34 Studie 2

45 Nahrávka viz Příloha č.3: CD/studie/audio: 2. ZABELOV, R. - Studie 2_audio.wav

Na první pohled by se mohlo zdát, že studie by šla provést i bez amplifikace. Můj kompoziční záměr ovšem určují beze zbytku možnosti mikrofonního systému. Kupříkladu dynamika naznačuje práci s měchem a nikoliv výsledný zvuk. Ten sestává z několika dynamicky odlišených pásem, což je bez amplifikace systémem ZUG-MK1 jinak nedosažitelné.

2.3 Studie 3⁴⁶

Ve třetí studii jsem se zaměřil na jinou ukázkou specifických technických možností navrženého předzesilovače. Konkrétně se jedná o velmi jemnou, pomalou proměnu barvy tónu za pomoci plynulého přidávání a ubírání intenzity prostředního mikrofonu na basové části nástroje. (Obr. 35)

Studie 3 R.Zabelov

♩ = 60
nedomáčknuté rej.

T1, T2, T3 - |100%|
B2 - |0 - 100%|

S.B. *fp* *mf* *mp* *p*

5 *fp* *mf* *mp*

9 *fp* *mf* *mp* *p*

Obr. 35 Studie 3, takt 1 až 12

Aby bylo možné hrát na nástroj a zároveň samostatně ovládat mikrofonní předzesilovač, musel jsem na úplném začátku omezit hru na diskantovou část nástroje. Samotný přechod mezi ovládáním potenciometru a hrou na nástroj je poměrně technicky náročný. V tomto konkrétním případě můj zvukový záměr opět přímo ovlivnil výběr technických a kompozičních prostředků. Pro co nejučinnější ukázkou barevné proměny jsem zvolil práci s dlouhými tóny, na nichž jsou všechny změny velmi dobře rozeznatelné.

46 Nahrávka viz Příloha č.3: CD/studie/audio: 3. ZABELOV, R. - Studie 3_audio.wav

Druhou část jsem pojal jako postupnou dynamickou gradaci za pomoci přidávání tónů na diskantové části nástroje. Ke konci studie kompletně redukuji materiál na jeden tón a samotná levá ruka postupně odchází společně s barevnou proměnou do ticha. Viz (Obr. 36)

The musical score is divided into four systems of piano notation. The first system (measures 45-48) features a dynamic range from *ff* to *f*. The second system (measures 49-52) features a dynamic range from *mf*. The third system (measures 53-55) features a dynamic range from *mp* to *p*. The fourth system (measures 56-59) features a sustained B2 note in the right hand, with a volume control slider from 0% to 100%, and a *pp* dynamic marking in the left hand.

Obr. 36 Studie 3, takt 45 až 59


Tato studie je psána přímo pro mikrofonní systém ZUG-MK1 a na žádný jiný systém ji nelze interpretovat. Možnosti proměny barvy s pomocí amplifikace v daném případě hraje klíčovou roli.

2.4 Studie 4⁴⁷

Čtvrtá studie se snaží ukázat další specifické možnosti navrženého předzesilovače. Stejně jako předchozí ji lze provést výhradně na mikrofonní systém ZUG-MK1.

Jelikož mikrofonní systém ZUG-MK1 umožňuje ovládání mikrofonů, napadlo mě, že budu používat jen jediný (spodní) mikrofon na diskantové části nástroje a pracovat se vzdáleností melodické linie od něj. Tímto způsobem lze realizovat jinak těžko proveditelný zvukový efekt postupného přibližování a oddalování akordeonu k mikrofonu a od něj. Pro úplnost dodávám, že levá ruka používá všech tří mikrofonů.

Dalším zvukovým efektem je hra souzvuků v široké rozloze, kdy jeden hlas se nachází přímo u mikrofonu a ostatní v maximální možné vzdálenosti od něj. Tento způsob mi umožňuje zvýraznění jednoho tónu a potlačení druhého, což je na akordeon v rámci jedné ruky jinak téměř neproveditelné. První část je postavena na rychlých pasážích shora dolů - viz krátká ukázka níže. (Obr. 37)

loco  T1 - |100%|, T2, T3 - |0%|
B2 - |40%|

Studie 4

R. Zabelov



8va
rubato → accel.
♩ = 70

f *mf* *f subito p* *f*

a tempo

S.B.

5

9

Obr. 37 Studie 4, takt 1 až 11

47 Nahrávka viz Příloha č.3: CD/studie/audio: 4. ZABELOV, R. - Studie 4_audio.wav

Ve druhé části pracuji se souzvuky v široké rozloze hranými tremolo - viz krátká ukázka níže (Obr. 38).

Obr. 38 Studie 4, takt 38 až 40

Třetí část tento materiál redukuje na dvojzvuky bez tremola, a tím doslova obnažuje dynamické rozdíly mezi současně znějícími tóny (Obr. 39).

Obr. 39 Studie 4, takt 44 až 55

Všechny zvolené kompoziční prostředky byly ovlivněny zvukovou představou vycházející z možností předzesilovače. Chtěl bych podotknout, že výše uvedené studie jsou jen ukázkou jeho kompozičního využití a nepovažuji je za vyčerpávající přehlídku jeho využití.

3. Shrnutí a vize

Problematika amplifikace akordeonu je pro mě stále aktuální téma. Jako aktivní hráč na akordeon postrádám nabídku kvalitních pro různé modely nástrojů individualizovaných řešení určených ke snímání akordeonu, která by nadto umožňovala případné další zpracování získaných signálů. Následné shrnutí dosažených výsledků vnímám jako zastávku na dlouhé cestě. Považuji za důležité se touto problematikou zabírat i nadále. V budoucnosti vidím jako jediné řešení probudit zájem profesionálních konstruktérů a techniků.

V rámci provedených experimentů bylo mým cílem získat monofonní signál pro každou (diskantovou a basovou) část nástroje. Tento způsob je v praxi nejběžnější. Kromě jednoduchosti zapojení do určité míry umožňuje napodobit přirozené rozložení obou částí nástroje v panoramatu. Z hlediska posluchače diskantová část nástroje zní přirozeně vlevo, basová část vpravo.

Momentálně se na obou částech nástroje nachází po třech mikrofonech a každá trojice je na výstupu z předzesilovače spojená do monofonního signálu. Mikrofony jsou rozmístěny na pojízdné liště. Umožňuje to libovolně nastavit pozici jednotlivých mikrofonů podél celé šířky nástroje. Na předzesilovači jsou umístěny tři potenciometry pro diskantovou část nástroje, za pomoci kterých můžeme nastavit poměr dynamiky jednotlivých mikrofonů. Pro basovou část nástroje je pouze jeden potenciometr pro dynamiku prostředního mikrofonu. Ten poměrně zásadně ovlivňuje zvukový charakter. Systém dvou mikrofonů je pro mě referenční neboli přirozený signál. Zapojením prostředního mikrofonu dochází ke změně barvy tónů. Prostřední mikrofony navíc mají možnost otočení fáze (uvnitř zařízení).

Tento výsledný systém snímání zvuku akordeonu má v sobě jak pozitiva tak negativa. Například speciálně vyrobené úchyty pro mikrofony napomáhají větší flexibilitě v nastavení potřebné pozice mikrofonů, což ve mně známých komerčních řešeních není možné. Na druhou stranu by si navržený předzesilovač, když pominu jeho technické nedostatky, zasloužil mnohem širší škálu možností. Možnost práce s každým mikrofonem separátně, pozice v panoramatu, ovladač intenzity, ale také možnost ekvalizace. Včetně doporučených presetů pro různé rejstříky a různé styly.

Po uplynulé době jsem si uvědomil jeden důležitý rozdíl ve znění akustického nástroje a znění nástroje z reproduktorů. Ve chvíli, kdy posloucháme akustický akordeon, vnímáme vycházející zvuk jako jeden homogenní celek. Ať už se hraje každou rukou zvlášť anebo dohromady, vycházející zvuk od určité vzdálenosti vnímáme jako jeden zdroj. Pocit, že jedna strana nástroje zní víc vlevo a ta druhá víc vpravo, je spíše iluzivní ve srovnání s rozložením mixu monofonních signálů. V momentě, kdy nástroj zní z reproduktorů, dochází k většímu rozdělení stran. Najednou z jednoho nástroje máme v podstatě tři zvukové zdroje – dva reprodukováné a jeden akustický. V tomto případě je velmi důležité myslet na přirozené nastavení panoramatu. Toto všechno mě přivedlo na myšlenku sofistikovanějšího rozložení signálu jednotlivých mikrofonů, které by mohlo být o něco bohatší, ale zároveň i přirozenější než jenom rozdělení na dvě strany.

Do budoucna by mohlo být zajímavé pracovat se skutečným stereem či více kanály. Stereo rozmístění mikrofonů diskantové a basové části nástroje může hrát téměř klíčovou roli pro výslednou barvu akordeonu. Jednotlivé ovládání a umístování každého mikrofonu zvlášť může lépe eliminovat hřebenový filtr a docílit plnějšího spektra.

Již nyní uvažuji o dalším prototypu (ZUG-MK2), který přinese řadu vylepšení. Základní změnou mezi prvním a druhým prototypem bude přidání šesti dalších výstupů (nezávislých na ovládání potenciometrů), které umožní separátní zpracování signálu jednotlivých mikrofonů. Potenciometry budou ovládat mix signálu pro stereo a mono výstupy. Pro basovou část nástroje přidáme ještě dva potenciometry, abychom mohli ovládat všechny tři mikrofony zvlášť, podobně jako je tomu na diskantové části. Pro lepší a rychlejší kontrolu zapnutí, vypnutí a zároveň pro kontrolu vstupního signálu budou přidány kontrolní diody. Místo stereo výstupu na zadní straně zařízení uděláme sluchátkový výstup na čelní straně s ovládáním hlasitosti. Doplněna bude možnost otočení fáze každého z mikrofonů.

Také bych se rád do budoucna zabýval i jinými způsoby snímání. Piezoelektrické snímání vidím jako jeden z dalších obohacujících způsobů, který může fungovat jako součást většího systému. Jeho instalace je velmi jednoduchá a dá se provést na jakémkoli nástroji.

Jako jeden z nejoriginálnějších způsobů snímání zvuku nástroje se ukázal elektromagnetický snímač. Tento naprosto nevídaný přístup ve světě akordeonů může skrývat řadu jedinečných zvukových možností. Je zřejmé, že konstrukce nástroje velmi omezuje experimentování v tomto směru. Proto by na začátku bylo potřeba sestavit nový model akordeonu na objednávku, který bude počítat se všemi potřebami experimentu. Dalším krokem by bylo oslovení firmy, která se specializuje na výrobu elektromagnetických snímačů. Můj ideál je oslovit firmu, která by navrhla a zkonstruovala speciální elektromagnetický snímač pro akordeon pokrývající celou šířku nástroje. Tento zcela nekonvenční způsob snímání zvuku považují za velmi slibný a zatím stále nedostatečně prozkoumaný.

Závěr

Rád bych shrnul výsledky více než dvouletého výzkumu. Přes veškeré peripetie a neočekávané momenty mi experimenty zprostředkovaly řadu důležitých poznatků.

V rozporu s původními předpoklady se ukázalo, že žádná z dostupných dynamických mikrofonních vložek nespĺnila stanovená kritéria (věrnost zvuku, rozměry a odolnost vůči zpětné vazbě). Z provedených experimentů vyplynulo, že v dostupné cenové kategorii jsou nejvhodnější kondenzátorové mikrofony Sennheiser. Z důvodů lepšího pokrytí celé šíře nástroje, relativně vysoké odolnosti vůči zpětné vazbě a realistického podání zvuku nástroje jsme se přiklonili k variantě využívající tři kulových mikrofonů **Sennheiser ME 2-II** na diskantovou a rovněž na basovou část nástroje. Je paradoxní, že jsme dospěli ke zdánlivě velmi podobnému řešení, jaké používá mnou výše kritizovaný systém Totter midi (5 kulových mikrofonů na liště uvnitř nástroje). Výsledky našeho řešení jsou však nesrovnatelně lepší, a to z následujících důvodů:

- vyšší kvalita mikrofonních vložek,
- možnost otáčení fáze,
- plynulé nastavení dynamických poměru mezi mikrofony a
- jejich umístění.

Abychom předešli problémům s hřebenovým filtrem, mají prostřední mikrofony na obou částech nástroje otočenou fázi a k tomu jsou rozmístěné v nepravidelných rozestupech od sebe.

Pro ovládání hlasitosti jednotlivých mikrofonů diskantové části nástroje jsou na speciálně vyrobeném předzesilovači umístěny tři potenciometry. Jelikož se pro basovou část nástroje osvědčily dva způsoby (první se třemi mikrofony pro přirozený plný zvuk; druhý se dvěma mikrofony, který má bohatší zvuk ve spodním frekvenčním pásmu), je na předzesilovači jeden potenciometr ovládající prostřední mikrofon, čímž lze plynule měnit poměr hlasitosti, případně množství zapojených mikrofonů. Přispívá to k větší variabilitě a bohatosti zvuku.

Dosáhli jsme přirozené barvy nástroje a zároveň naznačili několik originálních a netradičních způsobů snímání nástroje. Jedním z nich je snímání zvuku elektromagnetickým snímačem. Tento opravdu nekonvenční způsob snímání má kromě nezaměnitelné zvukovosti obrovskou praktickou výhodu, jelikož zcela vylučuje zpětnou vazbu. Daný pokus v rámci našeho projektu byl

spíše doplňujícím experimentem, který otevřel další možnosti vývoje výzkumu vnitřního snímání akordeonu. Dle mého názoru má tento způsob velký potenciál a bylo by rozhodně zajímavé zkonstruovat nástroj s elektromagnetickým snímáním, který předejde všem potížím se zpětnou vazbou a otevře nový, zvukově originální svět. Další, neméně originální, ale zato o hodně jednodušší, je snímání zvuku piezo snímačem. Tento kontaktní způsob snímání přibližuje jakoby pod drobnohledem všechno, co se děje uvnitř nástroje: mechanické klapání, různé šumy a údery, skřípání měchu a další perkusivní složky zvuku akordeonu, které jsou za normálních okolností mimo slyšitelný dosah posluchače.

Naším cílem bylo získat v rámci jedné ruky (diskantové nebo basové části nástroje) monofonní signál. Budoucí výzkum může být zaměřen na práci s dvou či vícestopým signálem, což může pomoci lépe eliminovat hřebenový filtr, ale zároveň i poskytuje další možnosti práce s panoramatem ve stereu, potažmo s multikanálovými systémy.

Závěrem bych rád zmínil, že jsem myšlenku využití dynamických vložek zcela neopustil. Například se mi podařilo vyzkoušet systém HDS⁴⁸, který tohoto typu využívá na diskantovou část nástroje. Dlužno podotknout, že vlastnosti systému HDS jsou vynikající a jsou výsledkem celoživotního výzkumu Franze Schmidy. Na druhou stranu systém HDS neumožňuje žádnou další variabilitu. Je tedy zřejmé, že můj výzkum není u konce.

48 HDSmusic [online]. [cit. 5. 06. 2016]. Dostupné z: <https://www.hdsmusic.de>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 <i>Umístění piezoelektrických snímačů, nákres</i>	6
Obr.2 <i>Umístění piezoelektrických snímačů na diskantovou část, fotografie</i>	6
Obr.3 <i>Umístění piezo snímače, nákres</i>	7
Obr.4 <i>Umístění piezoelektrických snímačů uvnitř diskantové části, fotografie</i>	8
Obr.5 <i>Větší dynamické sluchátko na krytu diskantové části, fotografie</i>	9
Obr.6 <i>Menší dynamické sluchátko na krytu diskantové část, fotografie</i>	9
Obr.7 <i>Schéma napáječe</i>	10
Obr.8 <i>Sennheiser ME 2-II na krytu diskantové části, fotografie</i>	11
Obr.9 <i>Zdroj napájení, fotografie</i>	11
Obr.10 <i>Sennheiser ME 2-II nahoře na basové části nástroje, nákres</i>	12
Obr.11 <i>Sennheiser ME 2-II nahoře na basové části nástroje, fotografie</i>	12
Obr.12 <i>Sennheiser ME 4-N na krytu diskantové části, fotografie</i>	13
Obr.13 <i>Sennheiser ME 4-N na krytu basové části, fotografie</i>	13
Obr.14 <i>Superlux MSKA(X) dole uvnitř basové části nástroje, nákres</i>	15
Obr.15 <i>Superlux MSKA(X) dole uvnitř basové části nástroje, fotografie</i>	16
Obr.16 <i>Basový elektromagnetický snímač Tesla + držák, fotografie</i>	17
Obr.17 <i>Elektromagnetický snímač Tesla uvnitř basové části nástroje, nákres</i>	18
Obr.18 <i>Elektromagnetický snímač Tesla uvnitř basové části nástroje, foto.</i>	18
Obr.19 <i>Shure WH20 na krytu diskantové části nástroje, fotografie</i>	20
Obr.20 <i>Shure WH20 dole uvnitř basové části nástroje, fotografie</i>	21
Obr.21 <i>Shure WH20 dole uvnitř basové části nástroje, nákres</i>	21
Obr.22 <i>Totter Midi TM3, fotografie</i>	22
Obr.23 <i>5 kardioidních mikrofonů Sennheiser ME 4-N na diskantové části</i>	24
Obr.24 <i>5 kardioidních mikrofonů Sennheiser ME 4-N, fotografie</i>	24
Obr.25 <i>Pozice mikrofonů, nákres</i>	27

Obr.26 <i>Schéma předzesilovače</i>	29
Obr.27 <i>Předzesilovač přední strana, fotografie</i>	30
Obr.28 <i>Předzesilovač zadní strana, fotografie</i>	30
Obr.29 <i>Mikrofonní lišta</i>	31
Obr.30 <i>Mikrofonní systém na diskantové části nástroje</i>	31
Obr.31 <i>Mikrofonní systém na basové části nástroje</i>	32
Obr.32 <i>Nové úchyty a molitanový návleky na diskantové části nástroje</i>	34
Obr.33 <i>Studie 1</i>	35
Obr.34 <i>Studie 2</i>	36
Obr.35 <i>Studie 3, takt 1 až 12</i>	38
Obr.36 <i>Studie 3, takt 45 až 59</i>	39
Obr.37 <i>Studie 4, takt 1 až 11</i>	40
Obr.38 <i>Studie 4, takt 38 až 40</i>	41
Obr.39 <i>Studie 4, takt 44 až 55</i>	41

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: CD/výzkum_audio

- 1.** (stereo) piezo snímače na kovu 1, vlevo menší snímač, vpravo větší
- 2.** (stereo) piezo snímače na kovu 2, vlevo menší snímač, vpravo větší
- 3.** (stereo) 2x stejné piezo snímače na dřevě
- 4.** (mono) větší dynamické sluchátko diskantová část nástroje, na krytu
- 5.** (mono) menší dynamické sluchátko diskantová část nástroje, na krytu
- 6.** (mono) Sennheiser ME2 diskantová část nástroje, na krytu
- 7.** (mono) Sennheiser ME2 basová část nástroje, dole
- 8.** (mono) Sennheiser ME2 basová část nástroje, uprostřed, melodický bas
- 9.** (mono) Sennheiser ME2 basová část nástroje, nahoře
- 10.** (mono) Sennheiser ME2 basová část nástroje, uprostřed, standard bas
hlasitější část, melodický bas tišší
- 11.** (mono) Sennheiser ME4 diskantová část nástroje
- 12.** (mono) Sennheiser ME4 basová část nástroje, dole
- 13.** (mono) Sennheiser ME4 basová část nástroje, nahoře
- 14.** (mono) Sennheiser ME4 basová část nástroje, uprostřed, jiné nasměrování
- 15.** (mono) Superlux diskantová část nástroje 1
- 16.** (mono) Superlux diskantová část nástroje 2
- 17.** (mono) Superlux basová část nástroje, dole
- 18.** (mono) Kytarový snímač
- 19.** (mono) Shure WH20XLR diskantová část nástroje
- 20.** (mono) Shure WH20XLR basová část nástroje
- 21.** (stereo) Totter Midi TM3, diskantová část vpravo, basová část vlevo
- 22.** (stereo) System 1 5x Sennheiser ME4 diskantová část nástroje, v panoramě
rozmístěné pravidelně po celé šířce, z levá do práva, od 5 k 1.
- 23.** (stereo) System 1 5x Sennheiser ME4 diskantová část nástroje, otočena fáze
mic. 1, stejné rozmístění
- 24.** (stereo) System 1 5x Sennheiser ME4 diskantová část nástroje, otočena fáze
mic.1-3, stejné rozmístění
- 25.** (stereo) System 2 mic. Sennheiser ME2, 1 vpravo, 5 vlevo, mic. 3
Sennheiser ME4 uprostřed
- 26.** (stereo) System 3 mic. Sennheiser ME2, 1 vpravo, 3 uprostřed, 5 vlevo, mic.
Sennheiser ME4, 2 mezi 1 a 3, 4 mezi 3 a 5

- 27. (stereo) System 4 mic. Sennheiser ME2, 1 vpravo, 3 uprostřed, 5 vlevo
- 28. (stereo) System 4 mic. Sennheiser ME2, 1 vpravo, 3 uprostřed, 5 vlevo, otočena fáze mic. 3 (-6dB)
- 29. (stereo) System 1 basová část nástroje 2x Sennheiser ME2, nahoře a dole
- 30. (stereo) System 2 basová část nástroje 2x Sennheiser ME2
- 31. (stereo) System 1 basová část nástroje 3x Sennheiser ME2
- 32. (stereo) System 1 basová část nástroje 3x Sennheiser ME2, jiné nasměrování

Všechny nahrávky jsou dostupné také online:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yz-xRoTDJeBcDXNvVHhJ3CdrX7VjUUZH>

Příloha č.2: CD/studie/scores

- 1. ZABELOV, R. - Studie 1_score.pdf
- 2. ZABELOV, R. - Studie 2_score.pdf
- 3. ZABELOV, R. - Studie 3_score.pdf
- 4. ZABELOV, R. - Studie 4_score.pdf

Příloha č.3: CD/studie/audio

- 1. ZABELOV, R. - Studie 1_audio.wav
- 2. ZABELOV, R. - Studie 2_audio.wav
- 3. ZABELOV, R. - Studie 3_audio.wav
- 4. ZABELOV, R. - Studie 4_audio.wav

Všechny nahrávky studií jsou dostupné také online:

https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqqxl_m

POUŽITÉ PRAMENY A LITERATURA

Prameny

ZABELOV, ROMAN. *Studie 1. partitura z archivu autora, nepublikováno.*

ZABELOV, ROMAN. *Studie 1. nahrávka [online], [cit.23.2.2019] dostupné z:*

https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqql_m

ZABELOV, ROMAN. *Studie 2. partitura z archivu autora, nepublikováno.*

ZABELOV, ROMAN. *Studie 2. nahrávka [online], [cit.23.2.2019] dostupné z:*

https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqql_m

ZABELOV, ROMAN. *Studie 3. partitura z archivu autora, nepublikováno.*

ZABELOV, ROMAN. *Studie 3. nahrávka [online], [cit.23.2.2019] dostupné z:*

https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqql_m

ZABELOV, ROMAN. *Studie 4. partitura z archivu autora, nepublikováno.*

ZABELOV, ROMAN. *Studie 4. nahrávka [online], [cit.23.2.2019] dostupné z:*

https://drive.google.com/drive/folders/1ffmc6C_Wd2dA5zkHNjys6T5oOAqql_m

LITERATURA

- CAMPBELL, MURRAY. GREATED, CLIVE. MYERS, ARNOLD. *Musical Instruments: History, Technology and Performance of Instruments of Western music*. New York: Oxford University Press, 2004. 512 s. ISBN 0-19-816504-8 (hbk.).
- DICKREITER, MICHAEL. *Mikrofon-Aufnahmetechnik*. S. Hirzel Verlag Stuttgart-Leipzig 2003. ISBN 3-7776-1199-9.
- GUŠTAR, MILAN. *Elektrofony. Historie, Principy, Souvislosti. Část 1 – elektromechanické nástroje*. Praha: Uvnitř, 2007. 397 s. ISBN 978-80-239-84460
- HARTMANN, PETR. *Snímání bicí sady*. Praha, 2014. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum. Vedoucí práce Rund František. 76 s.
- HOLMES, THOM. *Electronic and Experimental Music: Technology, Music and Culture*. New York: Routledge, 2016. 561 s. ISBN:978-1-138-79272-2 (hbk).
- SYROVÝ, VÁCLAV. *Hudební akustika. 2. dopl. vyd.* Praha: Akademie múzických umění v Praze, 2008. 440 s. ISBN 978-80-7331-127-8
- ŠPELDA, ANTONÍN. *Hudební akustika. In 8.2. Telefonní sluchátka. Reprodukory. Ozvučnice*. 1. vyd. Praha: Státní Pedagogické Nakladatelství, 1978. 351 s.
- ZABELAU, RAMAN. *Využití amplifikovaného akordeonu v soudobé hudbě*. Praha, 2017. Akademie múzických umění v Praze. Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce Odb. as. MgA. Slavomír Hořínka Ph.D.
- ABOUCAYA, JACQUES. KENNEDY, GARY. W. *Grove Music Online* [online]. Galliano, Richard. In *The New Grove Dictionary of Jazz, 2nd ed.* Oxford University Press, 2016. [cit. 8. 12. 2019]. Dostupný z <http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/J572900> [webová stránka] Acoustas [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <http://acoustas.com/about-us/> [webová stránka] HDSmusic [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <https://www.hdsmusic.de>

[webová stránka] Limex Microphone professional 4 [online]. [cit. 29.08.2019].

Dostupné z: <https://www.limex.eu>

[webová stránka] Manualslib: Shure WH20 User Manual [online].

[cit. 5. 03. 2019]. Dostupné z:

<https://www.manualslib.com/manual/152268/Shure-Wh20.html>

[webová stránka] Musictech: Technology for music - Italy [online].

[cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z: <http://www.musictech-midi.it>

[webová stránka] Nalbantov Electronics [online]. [cit. 29. 09. 2019]. Dostupné

z: <http://n-electronics.com/products>

[webová stránka] Neumann.Berlin: Microphone basics - Germany [online].

[cit. 16. 10. 2018]. Dostupné z:

<https://www.neumann.com/homestudio/en/what-is-the-proximity-effect>

[webová stránka] Sennheiser [online]. [cit. 22. 02. 2019]. Dostupné z:

<https://en-us.sennheiser.com/mini-lavalier-microphone-clip-on-live-speech-vocals-instrument-miking-me-2>

[webová stránka] Totter Midi [online]. [cit. 29. 08. 2019]. Dostupné z:

<http://www.muzikant.si/index.html>

[webová stránka] Zabelov Group [online]. [cit. 29. 08. 2019].

Dostupné z: <http://www.zabelovgroup.com>