



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Výroba páskového mikrofonu a jeho využití v praxi

Petr Hink

Gymnázium Zikmunda Wintra Rakovník, příspěvková organizace
Žižkovo nám. 186, 269 01 Rakovník

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Rakovníku dne

Petr Hink

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Mgr. Vojtěchu Delongovi za pomoc při tvorbě mé práce, dále Davidu Maříkovi, Jakubovi Englickému a Janu Šafaříkovi za umožnění konzultací a v neposlední řadě děkuji Kulturnímu centru Rakovník za poskytnutí prostor a různé techniky pro realizaci mého projektu.

Anotace

V teoretické části práce se zabývám rozdělením mikrofonů podle jejich principů do různých kategorií, zejména pak popisem mikrofonu páskového. Vysvětlím hlavní výhody a nevýhody konstrukcí páskových mikrofonu, a jeho používání ve studiové zvukové praxi. Dále pak návrhem vlastní konstrukce páskového mikrofonu a jeho zhotovení podle návrhu. V praktické části následuje zhotovení funkčního prototypu.

Klíčová slova

Páskový mikrofon; typy mikrofonů; výroba páskového mikrofonu; návrh vlastní konstrukce mikrofonu

Annotation

In the theoretical part I deal with the division of microphones according to their principles into different categories, especially with the description of the ribbon microphone. I will explain the main advantages and disadvantages of ribbon microphone design and its use in studio sound practice. Next part, I constructed own ribbon microphone and its making according to the design. The practical part includes making my original prototype of ribbon microphone.

Keywords

Ribbon microphone, making a ribbon microphone, constructions of microphones, design my original construction.

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Základní dělení mikrofonů.....	7
2.1	Dělení mikrofonů podle principu funkce	7
2.1.1	Uhlíkový mikrofon	7
2.1.2	Piezoelektrický mikrofon.....	8
2.1.3	Elektromagnetický mikrofon	9
2.1.4	Kondenzátorový mikrofon.....	9
2.1.5	Elektrodynamický mikrofon	10
2.1.6	Elektretový mikrofon	11
2.2	Dělení mikrofonů podle směrové charakteristiky	12
2.2.1	Kulová (všesměrová) charakteristika.....	12
2.2.2	Ledvinová (kardiovídní) charakteristika.....	13
2.2.3	Hyperkardiovídní charakteristika	14
2.2.4	Osmičková charakteristika.....	14
2.2.5	Úzce směrová charakteristika	15
3	Páskový mikrofon	16
3.1	Vývoj páskového mikrofonu.....	16
3.2	Princip páskového mikrofonu	17
3.3	První iniciativa	18
3.4	Návrh konstrukce	18
4	Závěr	22
5	Seznam použité literatury a citací	23
6	Seznam doporučené literatury	25

1 ÚVOD

Cílem mé práce je vytvoření funkčního prototypu páskového mikrofonu podle mé vlastní konstrukce. Postupně vysvětlím dělení mikrofonů podle principů a směrových charakteristik. Zaměřím se na páskový mikrofon, historii vývoje, funkci, jeho využití ve studiové praxi. Navrhnu a následně vytvořím vlastní konstrukci. Dále pak popíšu postup navrhování a vytváření modelu. Určím, jaké možnosti se dají při sestrojování prototypu využít a jaké jsou ideální předpoklady pro vytvoření správně fungujícího páskového mikrofonu. Návrh základní části mikrofonu, tzv. motoru, vytvářím v online grafickém editoru Tinkercad, který používá kóty pro 3D tiskárnu. Iniciativou k této práci je vlastní zvědavost, protože již dlouho jsem přemýšlel nad výrobou páskového mikrofonu a zajímalo mě, co taková konstrukce obnáší. Také mě zajímalo, zda se dá v „domácích podmínkách“ vyrobit mikrofon za přijatelnou cenu a přitom slušné kvality. Zkušeností pro mě bylo také to, že jsem si celou konstrukci od základu navrhl sám, s minimem hotových, koupených součástí.

2 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ MIKROFONŮ

Mikrofon je takové zařízení, které převádí akustický, neboli zvukový signál na signál elektrický. Nejdůležitější částí téměř každého mikrofonu je membrána, která se díky proměnlivému tlaku, který na ni působí, pohybuje. Díky tomuto pohybu se dopadající zvukové vlny mění na elektrický proud.[25] V této práci popisují dělení mikrofonů pouze podle jejich principu funkce a podle směrových charakteristik. Dále pak můžeme dělit mikrofony podle:

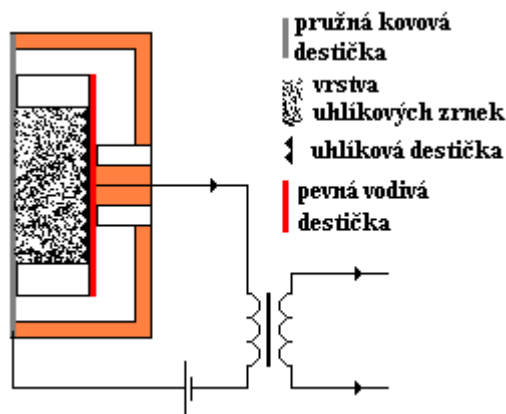
- mechanického systému – membránové a bezmembránové
- veličiny, jejíž změna způsobuje přeměnu akustické energie na energii elektrickou – tlakové a gradientní

2.1 Dělení mikrofonů podle principu funkce

Jedna z možností dělení mikrofonu je podle principu funkce – kondenzátorové, elektrodynamické, piezoelektrické, elektretové, uhlíkové, magnetické, atd.

2.1.1 Uhlíkový mikrofon

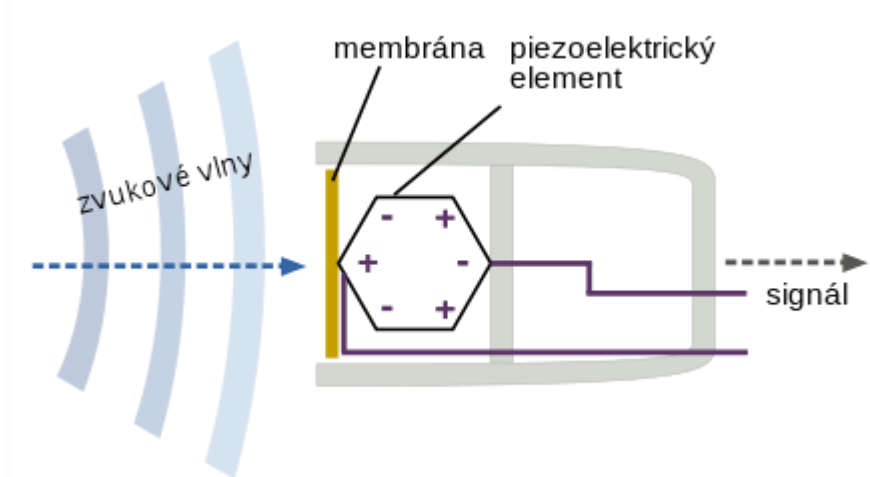
Jedná se o nejstarší druh mikrofonu. Jeho princip vytvořil už T. A. Edison.[1] Ten svými pokusy zjistil, že uhlíkové zrnko reaguje na tlak a vzniká proměnlivý elektrický odpor. Stavbu tohoto mikrofonu tvoří dvě elektrody, z nichž jedna je pevná. Druhá, pohyblivá, elektroda je spojena s membránou. Ta bývá vyrobena z hliníkové folie, uprostřed opatřená pozlacenou elektrodou, která zasahuje do komory s uhlíkovým prachem. Stejnoseměrný proud je přiveden do obou elektrod. Jakmile na membránu dopadají zvukové vlny, rozkmitá se a začne stlačovat prach uvnitř, jehož odpor bude měnit svou hodnotu v závislosti na pohybu membrány, resp. její výchylce. Nevýhodou tohoto mikrofonu je jeho velmi malý kmitočtový rozsah, který je v mezích 200 – 3500 Hz. Dalším negativním faktem je jeho náchylnost na otřesy. Proto se těleso mikrofonu ukládá do masivních pouzder, ve kterých je uchyceno pružinami. Díky citlivosti je tento druh mikrofonu typický svým praskáním. Výhodou je naopak jednoduchá konstrukce a malé výrobní náklady. To jsou také důvody, kvůli kterým je stále používán i v dnešní době, zejména v telefonních přístrojích. Schéma uhlíkového mikrofonu symbolizuje obrázek č. 1.



Obrázek 1 - schéma uhlíkového mikrofonu [3]

2.1.2 Piezoelektrický mikrofon

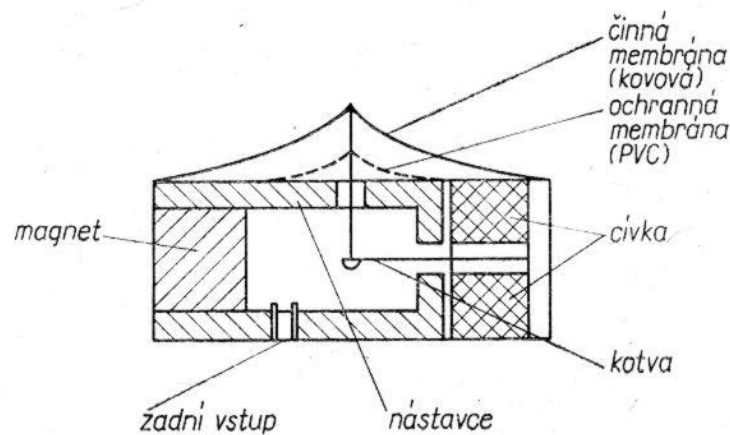
Tento druh mikrofonu využívá ke své funkci tzv. piezoelektrického jevu, čili schopnosti krystalu solí některých minerálů generovat elektrické napětí při jeho deformaci. Provedení mikrofonu může být s membránou (obrázek 2), kdy chvění membrány je mechanicky přenášeno na výbrus krystalu Seignettovi soli (tetrahydrátvinanusodno-draselného) nebo bez membrány, kdy zvuk působí přímo na krystal soli. Může pracovat v rozsahu 60 – 10 000 Hz. Výhodou je možnost pracovat i bez vnějšího zdroje energie. Ani výroba a princip nejsou složité. Specifickou vlastností je pak možnost použití i pod vodou a to dokonce i v hloubkách okolo 1000 metrů či v ultrazvukovém pásmu. Nevýhodou je poměrně velké zkreslení zvuku a proto se od tohoto druhu upustilo. Výjimkou je užití při snímání některých druhů hudebních nástrojů. Pro svou nenákladnou výrobu je dodnes používán jako gramofonová přenoska, pouze však u levnějších zařízeních.[23]



Obrázek 2 - schéma piezoelektrického mikrofonu [4]

2.1.3 Elektromagnetický mikrofon

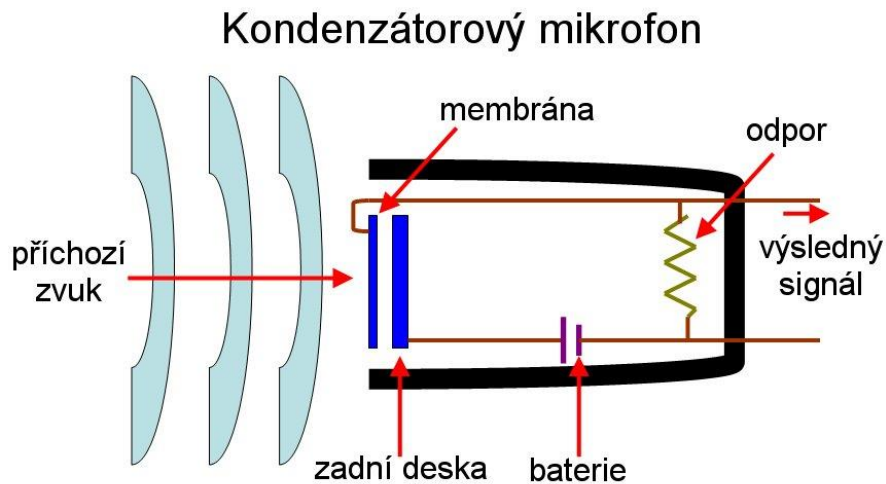
Zvukové vlny u tohoto typu mikrofonu rozechvívají feromagnetickou kotvu, která mění magnetický tok na výstupní elektrický signál. Kolem kotvy (membrány) je pevně uložena cívka, která indukuje napětí (obrázek 3). Nevýhodou je velmi omezený kmitočtový rozsah, který bývá v mezích 300 – 5000 Hz. Výhodou je naopak malý rozměr. Díky těmto faktům tedy vyplývá, že je užíván např. jako ušní naslouchátko pro nedoslýchavé.[23]



Obrázek 3 - schéma elektromagnetického mikrofonu [5]

2.1.4 Kondenzátorový mikrofon

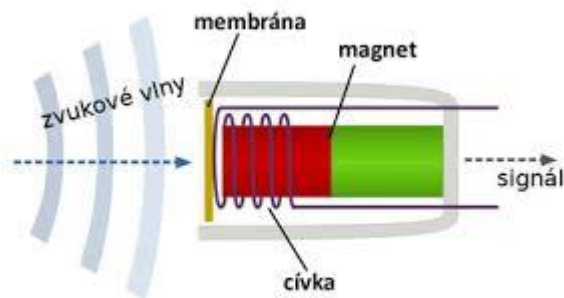
Tento mikrofon využívá principu změny elektrického napětí, které je způsobeno změnou kapacity. Základními částmi jsou dvě elektrody. Jedna pevná, obvykle perforovaná. Druhá elektroda je tvořena pohyblivou membránou. Ta musí být vodivá. Toho je dosaženo buďto přímo kovovým materiálem nebo jako vodivý plášť plastové folie. Tato membrána je uložena před elektrodou v řádech mikrometrů. Akustická vlna rozpožbuje vodivou membránu, která svými výchylkami mění kapacitu mezi elektrodami (obrázek 4). Jejich frekvenční rozsah je 20 Hz až 20 kHz. Díky této škále kmitočtu jsou považovány za nejkvalitnější a často jsou používány pro profesionální záznam zvuku nebo jako měřicí technika. Tyto mikrofony potřebují pro svou funkci poměrně vysoké napětí, což představuje nutnost externího zdroje. Další nevýhodou je složitá výroba, od čehož se také odvíjí cenová náročnost. Vhodnou konstrukcí vložky mikrofonu lze polarizačním napětím měnit směrovou charakteristiku, což může být využito u celé řady studiových mikrofonů.



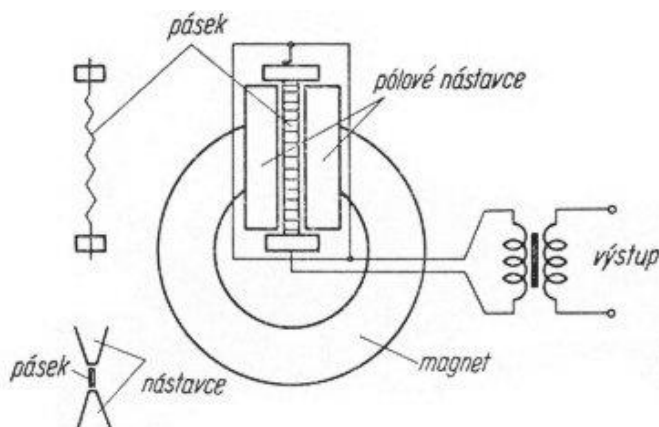
Obrázek 4 - schéma kondenzátorového mikrofonu [6]

2.1.5 Elektrodynamický mikrofon

Jedná se o typ mikrofonu, který ke své činnosti využívá elektromagnetické indukce. Konstrukčně lze tento druh mikrofonů dále rozdělit na cívkový (obrázek 5) a páskový (obrázek 6). Kmitočtový rozsah u obou druhů bývá 30 Hz – 15 kHz, někdy až 20 kHz. U cívkového mikrofonu je pohybujícím se článkem cívka. Ta je spojena s membránou, která ji rozkmitává. Princip připomínající reproduktor. Vinutí cívky bývá řešeno měděným nebo hliníkovým drátem, popřípadě eloxovanou hliníkovou folií. U páskových mikrofonů je cívka nahrazena tenkým hliníkovým páskem, který funguje zároveň jako membrána. Oba segmenty, jak cívka, tak membrána, jsou k sobě spojeny tmelem. Membrána musí být pružná, ale zároveň i dostatečně tuhá, aby nevznikaly nechtěné, samovolné kmity. Celý článek je malých rozměrů a díky tomu je mechanismus velmi citlivý. Výroba je tedy poměrně složitá, protože musí dodržovat požadované vlastnosti. Směrová charakteristika je v nízkých kmitočtech kulová, ve vysokých se mění na směrovou. Nevýhodou je nebezpečí reakce s jiným magnetickým polem. Proto musí být tento mikrofon vybaven dalším vinutím, které má za úkol rušit napětí s cívkou. Dalším neduhem je možnost poškozování hliníkového pásku. V dnešní době je pro zlepšení odolnosti opatřován rýhováním nebo vytvářením slitiny přidáváním jiných prvků. K nesporným výhodám patří jeho nenahraditelné odstraňování nenápadných nepohodlných zvuků, které se objevují v záznamu hudby nebo třeba řeči. Takovým vítaným útlumem může být například potlačování sykavek, se kterými si, ač kvalitní, kondenzátorové mikrofony neumí poradit.[26]



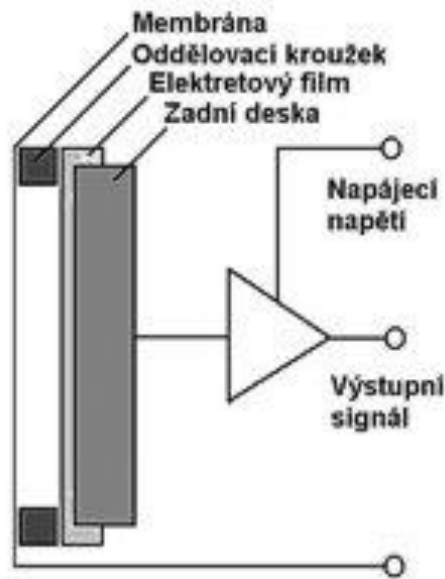
Obrázek 5 - schéma dynamického mikrofonu – cívkový [7]



Obrázek 6 - schéma dynamického mikrofonu – páskový [8]

2.1.6 Elektretový mikrofon

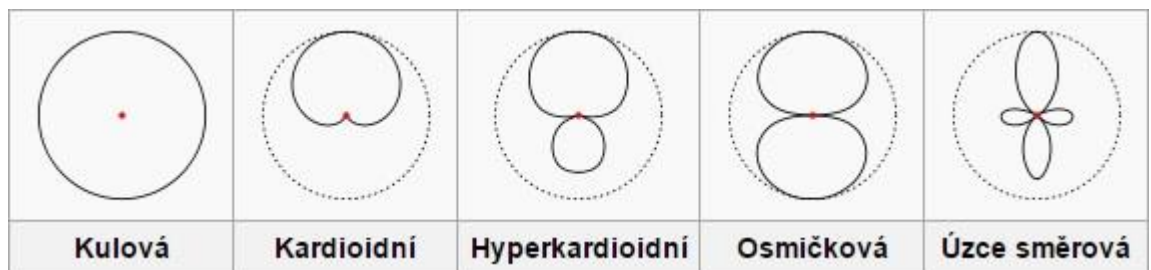
Jedná se o druh kondenzátorového (kapacitního) mikrofonu, jehož membrána je vyrobena z elektretu – nevodivé hmoty, která zůstává permanentně nabitá (obrázek 7). Díky tomu lze mikrofon používat i bez velkého polarizačního napětí. Pohybem membrány se nemění jen kapacita kondenzátoru, ale i napětí mezi deskami. Tyto změny napětí musí být zpracovány předzesilovačem, který je umístěn přímo v tělese mikrofonu. To je také důvod, proč je třeba zajistit zdroj napájení. Elektretový segment membrány kvůli své hmotnosti působí negativně na celkovou hmotnost mikrofonu. Z tohoto důvodu byl vynalezen mikrofon, jehož elektretový náboj je součástí pevné elektrody. V literatuře je tento typ označován jako back-elektretový mikrofon. Tento typ se i přes nízké pořizovací náklady přibližuje svou kvalitou mikrofonům kondenzátorovým. Jeho užití má místo jak v náročných aplikacích, jako např. měření hluku, tak i v každodenním životě, v podobě počítačových snímačů, diktafonech či telefonech. Rozsah kmitočtu je udáván 30 Hz – 16 kHz.



Obrázek 7 - schéma elektretového mikrofonu [9]

2.2 Dělení mikrofonů podle směrové charakteristiky

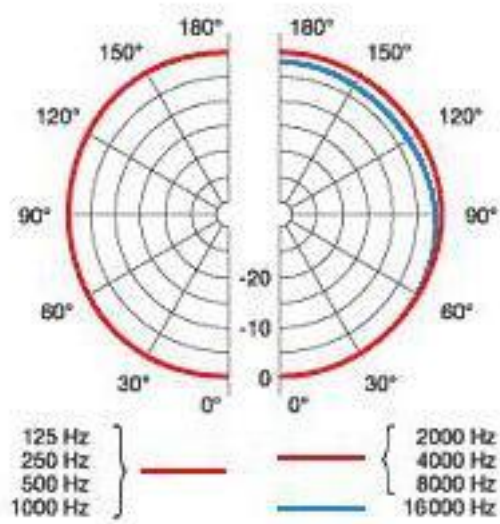
Směrová charakteristika je velmi důležitým parametrem a udává, z jaké oblasti je schopen daný mikrofon zvuk přijímat. Zaznamenává se do tzv. kruhového diagramu (obrázek 8), ve kterém může být znázorněno i několik směrových charakteristik najednou, které se mohou měnit pro různé frekvence. Mikrofony jsou navrhovány s různými charakteristikami závislosti na jejich použití.[24]



Obrázek 8 – směrové charakteristiky [10]

2.2.1 Kulová (všesměrová) charakteristika

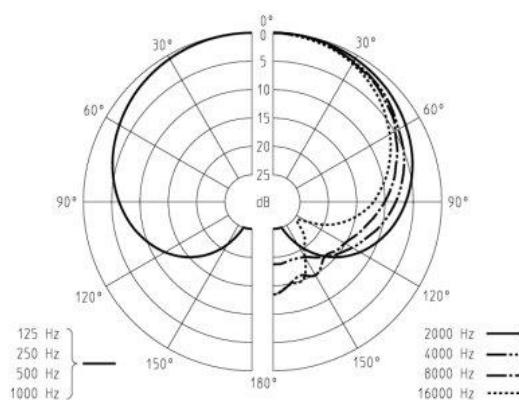
Tato charakteristika dovoluje mikrofonu přijímat zvuk ze všech směrů stejně kvalitně a je díky tomu přirozeně vyhodnocen (obrázek 9). Ke kladným vlastnostem těchto tehdy, nevíme-li, odkud zvuk vlastně přichází. Mikrofon je schopen snímat i okolní zvuk, což může být naopak nevýhoda. Jsou schopné zpracovat akustický tlak o vyšší hodnotě. Tato charakteristika je většinou typická pro tlakové mikrofony, nebo například pro měřicí mikrofony. U těchto mikrofonů platí to, že nemusí být nasměrovány přímo ke zdroji, což může být výhodou.



Obrázek 9 - kulová charakteristika [11]

2.2.2 Ledvinová (kardioidní) charakteristika

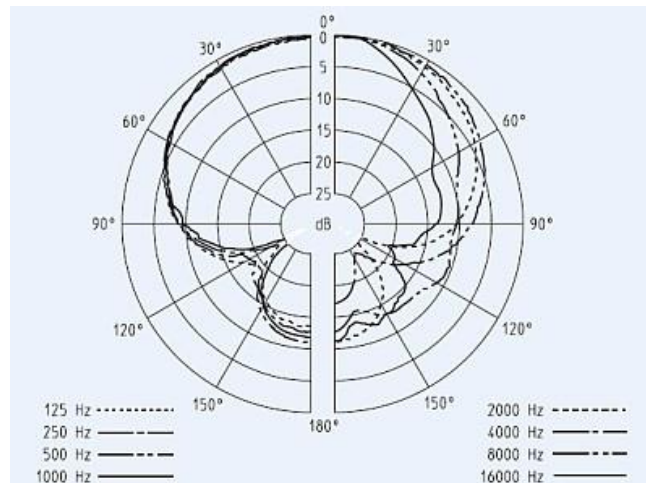
Mikrofon s touto charakteristikou nejlépe snímá zvuk zepředu. Zvuk zezadu naopak snímat lze jen velmi obtížně. Je proto využívána zejména u dynamických mikrofonů pro zpěváky, neboť potlačuje zpětnou vazbu. Název pro tuto charakteristiku je odvozen od tvaru srdce, které připomíná (obrázek 10).



Obrázek 10 - kardioidní charakteristika [12]

2.2.3 Hyperkardioidní charakteristika

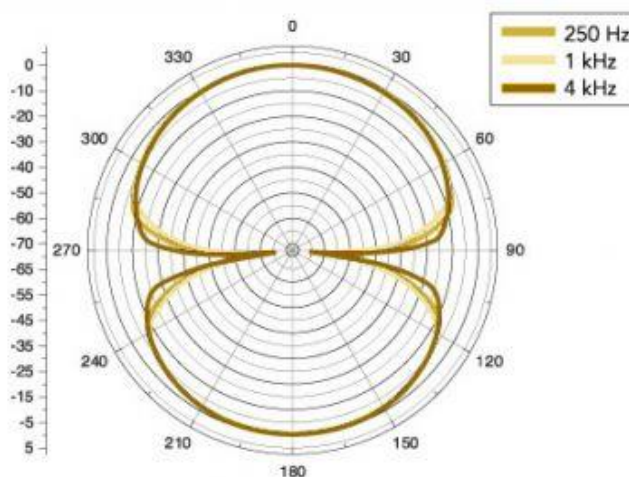
Je více směrová než kardioidní, jak napovídá charakteristická křivka (obrázek 11). To znamená, že je s největší citlivostí snímán zvuk přicházející zepředu v ose mikrofonu a zvuk přicházející mimo osu mikrofonu je potlačen výrazněji, než u mikrofonů s kardioidní směrovou charakteristikou. Tohoto je využíváno v případech, kdy je nutné snímat zvuk pouze zepředu a ostatní směry je nutno eliminovat.



Obrázek 11 - hyperkardioidní charakteristika [14]

2.2.4 Osmičková charakteristika

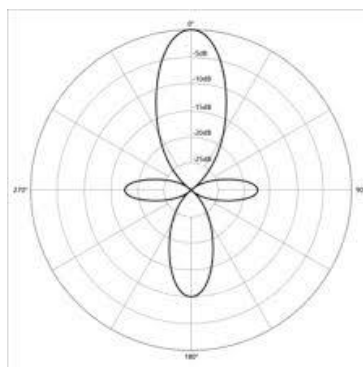
Je to taková charakteristika, při které mikrofon přijímá zvuk nejlépe v ose mikrofonu, čili stejně dobře zepředu i zezadu (obrázek 12). Není však vhodný pro snímání zvuku ze stran. U mikrofonu s touto charakteristikou dochází k narůstání basů s přibližujícím se zdrojem zvuku k mikrofonu, tzv. proximity efektu. Používá se při metodách snímání stereofonního zvuku, např. při snímání rozhovoru dvou řečníků. Osmičkovou charakteristikou disponují zejména páskové mikrofony.



Obrázek 12 - osmičková charakteristika [15]

2.2.5 Úzce směrová charakteristika

Tato charakteristika má výrazně oslaben příjem zezadu, což bývá dáno velkou délkou mikrofonu, která může být i 1 metr. Tohoto se využívá při snímání vzdáleného zdroje zvuku, např. jako pomocného mikrofonu při filmování. Jak ale označení napovídá, těchto speciálních vlastností lze dosáhnout pouze na úkor zúžení směru snímání nebo zhoršení frekvenční charakteristiky. Zajímavostí je, že úzce směrovým mikrofonům se ve zvukařské terminologii říká pušky – shotguny, nebo také tága či klacky.



Obrázek 13 - úzce směrová charakteristika [16]

3 PÁSKOVÝ MIKROFON

V této části práce se zaměřím na podrobnější popis páskového mikrofonu.

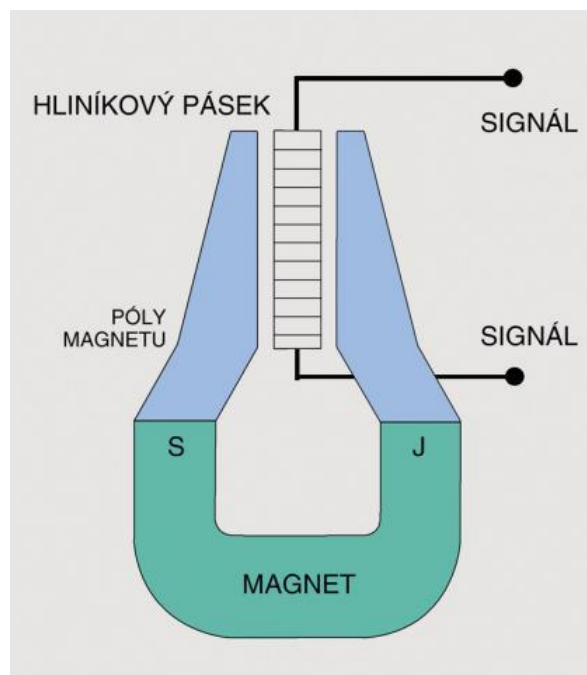
3.1 Vývoj páskového mikrofonu

Na počátku dvacátých let minulého století, se fyzikové W. Schottky a E. Gerlach zabývali výzkumem chování vodičů v magnetickém poli a došli ke zjištění, že pokud je tenký vodivý pásek pružně zavěšený v permanentním magnetickém poli, svým pohybem dokáže generovat elektrické signály. Toto zjištění přineslo pro obor elektroakustiky dva velmi zásadní objevy – páskový mikrofon (1924) a páskový reproduktor (1930). První provedení komerčně úspěšného páskového mikrofonu přinesl konstruktér H. Olson. Právě jemu, nebo hlavně díky technickému vývoji, kterého dokázal využít, se podařilo vyřešit zásadní problémy nové technologie (především kde vzít stabilní permanentní magnetické pole). Takže ještě roku 1931 mohla značka RCA slavnostně představit světu svůj PB-31, první sériově vyráběný páskový mikrofon na světě. Proč se ale zabývat vývojem páskového mikrofonu, když v té době již několik let funguje mikrofon kondenzátorový. Jenže kondenzátorový mikrofon je velice náročný na výrobu, a navíc má několik zásadních „neduhů“ jako je například velká náchylnost vložky ke změně vlhkosti a teploty, potřebné polarizační napájení (tehdy až 200V) pro správné fungování a omezenou životností elektronek v potřebném předzesilovači. Největším problémem však bylo to, že tehdejší kondenzátorové vložky byly tlakové, a to znamená, že pracovali se všesměrovou charakteristikou. Oproti tomu páskový mikrofon byl přes pár „maličkostí“ ke změnám teploty zcela netečný, disponoval osmičkovou a tedy směrovou snímací charakteristikou, a co víc, ve svém elektronickém obvodu nepoužíval žádné polarizační napětí ani předzesilovač. Ovšem původní, jednoduché, leč problematické, Wenteho zapojení kondenzátorového mikrofonu postupem času nahradilo modernější zapojení s vysokofrekvenčním oscilátorem, které překonalo zmíněnou náchylnost na atmosférické vlivy a definitivně obrátilo pozornost „zvukařského světa“ ke kondenzátorovým mikrofonům. Když se o pár let později v roce 1962 zásluhou fyziků G. Sesslera a J. Westa, pracujících tehdy v laboratořích T. Bella v New Jersey, podařilo vyvinout předpolarizovanou (elektretovou) kondenzátorovou mikrofonní vložku, která byla a pořád je oproti klasickým vložkám laciná na výrobu, masivnímu rozšíření kondenzátorových mikrofonů už nestálo nic v cestě a páskové mikrofony postupně v tichosti odešly do ústraní. Ovšem vědecký pokrok se ani pro ně nezastavil. Typické problémy, které byly původním páskovým mikrofonům vyčítány, se postupně podařilo vyřešit. Nejvážnější nevýhodou, která byla velmi finančně náročná, bývala křehkost mikrofonní vložky páskových mikrofonů. Membrána páskového mikrofonu, tedy samotný pásek, býval vyroben z hliníku, několik mikrometrů tenké vrstvičky. Aby se na výstupu vložky vůbec objevilo nějaké zpracovatelné napětí, musel být pásek také poměrně dlouhý (někdy i přes 6 cm). To ale znamenalo, že byl také křehký a mnohdy stačilo mikrofon špatně položit (některé mikrofony se nesměly pokládat vůbec) a došlo k roztažení pásku vlastní vahou a tedy ke znehodnocení mikrofonu. Mikrofon sice fungoval dál, ale ztratil na citlivosti a samozřejmě i na zvuku. To trochu souvisí s dalším problémem, a sice tím, že páskové mikrofony tzv. šumí. Fakt, že mikrofon ztratil na citlivosti, bohužel není na první

pohled zřejmý, a tak uživatelé mnohdy ani netušili, že mají v ruce defektní mikrofon s horší citlivostí. Na vstupech předzesilovače samozřejmě bylo nutné nastavit zisk na vyšší úroveň, a protože užitečného signálu bylo kvůli ztrátě citlivosti málo, poměr signálu k šumu se zhoršil. Dnes ale tyto problémy umíme hravě odstranit. Díky použití silných (převážně neodymových) magnetů, které umí i při velmi malých rozměrech vytvářet velmi silné magnetické pole a díky použití různých slitin hliníku (zejména duralu) nebo technologiím díky kterým můžeme hliníkový pásek „proložit“ pevnějším materiálem, můžeme dnes páskové mikrofony zařadit mnohdy mezi velmi kvalitní mikrofony. [2]

3.2 Princip páskového mikrofonu

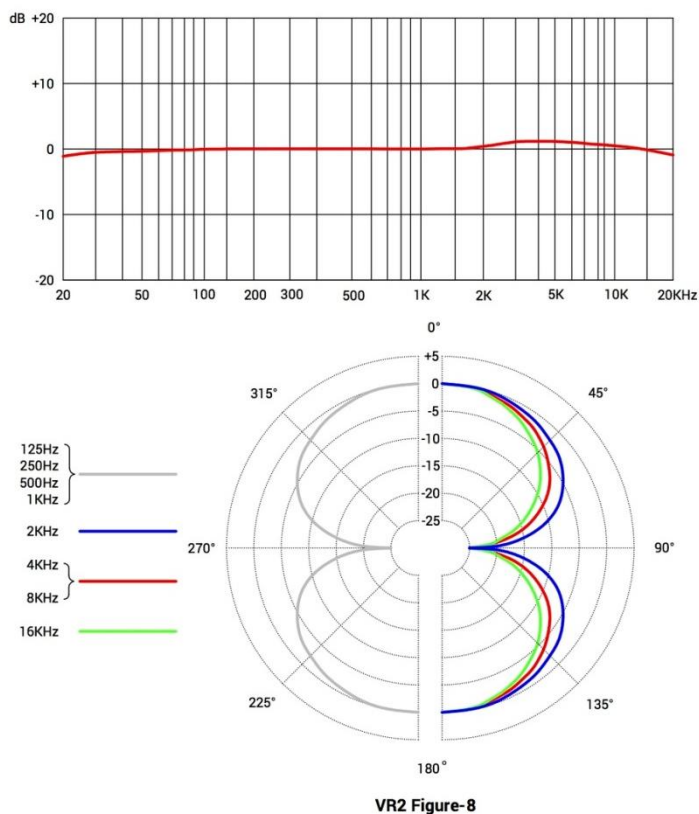
Jak jsem již popsal v předešlé části práce, páskový mikrofon se řadí mezi elektrodynamické mikrofony. Principem páskového mikrofonu je pohyb membrány (pásku – nejčastěji z tenké hliníkové folie) v magnetickém poli. Pohybem pásku v magnetickém poli vznikají slabé elektrické signály. Vzhledem k tomu že impedance pásku je velmi malá, je potřeba na výstup z pásku použít převodní transformátor, který však musí mít velmi nízký vlastní odpor, aby se ztrácelo co možná nejméně signálu. Tento princip je velmi jednoduchý, není tolik náročný na výrobu a při použití kvalitních součástek a přesné práce se dá vyrobit ve velmi dobré kvalitě v našich podmínkách. A přesně o to se pokusím.



Obrázek 14 - princip páskového mikrofonu [17]

3.3 První iniciativa

Počátkem mého projektu je návrh konstrukce, který mi dal asi nejvíce zabrat. S konstrukcí páskového mikrofonu jsem se setkal jen minimálně. V své práci se zvukem jsem používal téměř vždy jen mikrofony kondenzátorové a dynamické. Až pak při nahrávání s kolegou Davidem Maříkem jsem objevil všestrannost a velmi zajímavé vlastnosti mikrofonu páskového. Při nahrávání kytarových aparátů se ukázal jako jeden z nejlepších mikrofonů, které jsme použili. Dále pak vynikal při nahrávání dechových a bicích nástrojů a také sborových zpěvů jako ambientní mikrofón. Velkou výhodou právě při ambientním sběru se ukázala jeho osmičková charakteristika. Další nespornou výhodou je, že mikrofón díky velikosti pásku velmi dobře snímá nízké frekvence. (obrázek 15) Kvalitní páskové mikrofony jsou velmi drahé, ale některé levné se dají pořídit řádově za pár tisíc. A tak mne napadlo si zkusit vyrobit funkční prototyp páskového mikrofonu s použitím vlastních návrhů a součástek.

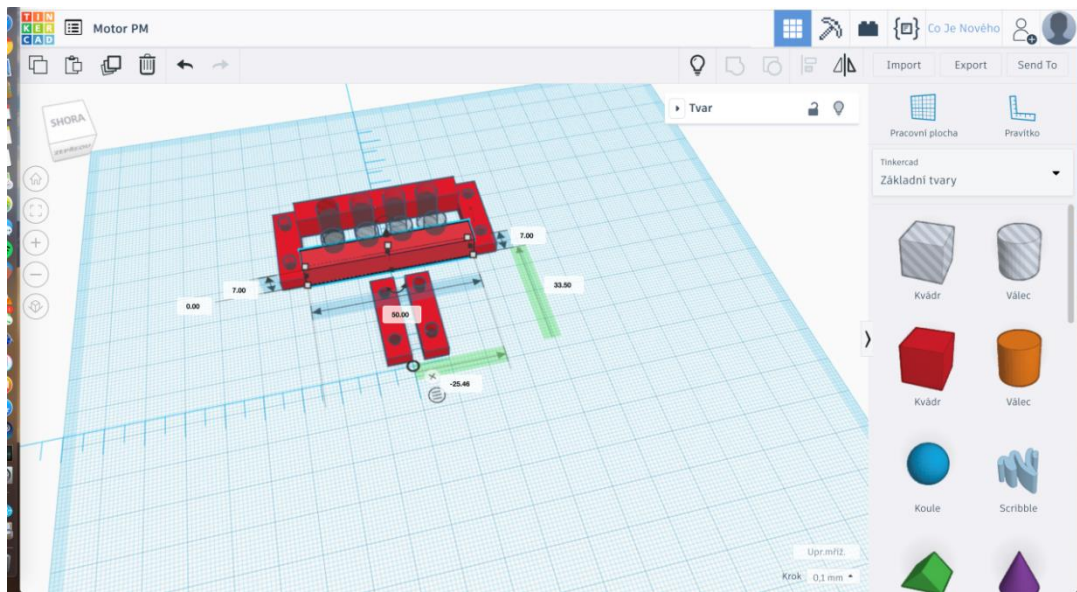


Obrázek 15 - Směrová a kmitočtová charakteristika páskového mikrofonu s Electronics VR-2 [18]

3.4 Návrh konstrukce

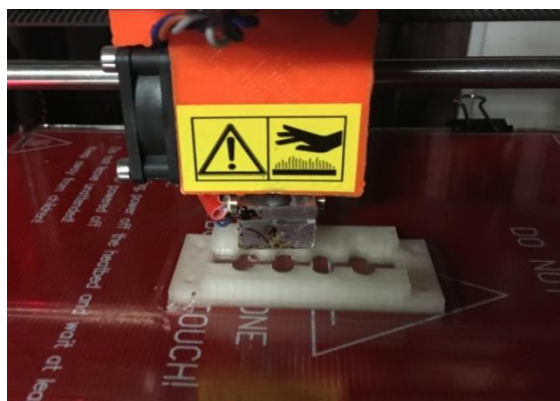
Prvním a asi i nejtěžším úkolem bylo navržení celé konstrukce. Protože obrázků a informací k páskovým mikrofonům není mnoho a konstrukce jednotlivých mikrofonů se dost liší u

konkrétních výrobců, bylo nutné, abych si konstrukci celou od základů vytvořil sám. Základní „kámen“ každého páskového mikrofonu je tzv. motor. To je část mikrofonu, kterou tvoří hlavní část, na kterou jsou připevněny magnety a pohyblivá část – tedy pásek. Nepohyblivá část nesoucí magnety, říkám jí pracovně „rámeček“, jsem původně plánoval vytvořit z kovového plechu o síle 1.2 milimetru a nechat jej vypálit laserem. Tato možnost se po konzultaci s kolegou ukázala jako nepraktická a velmi složitá. Rozhodl jsem se tedy využít možností naší pracovní 3D tiskárny a začal jsem navrhovat motor v designovém programu právě pro návrh předmětů pro 3D tisk. (obrázek 16)



Obrázek 16 - Designový editor Tinkercad [19]

První prototyp šel celkem jednoduše zhotovit, navrhování mi zabralo asi dvě hodiny čistého času. První výtisk se povedl na výbornou. Výrobek byl vytisknut 3D tiskárně Prusa i3 z materiálu PLA. (obrázek 17)



Obrázek 17 - Tisk motoru [20]

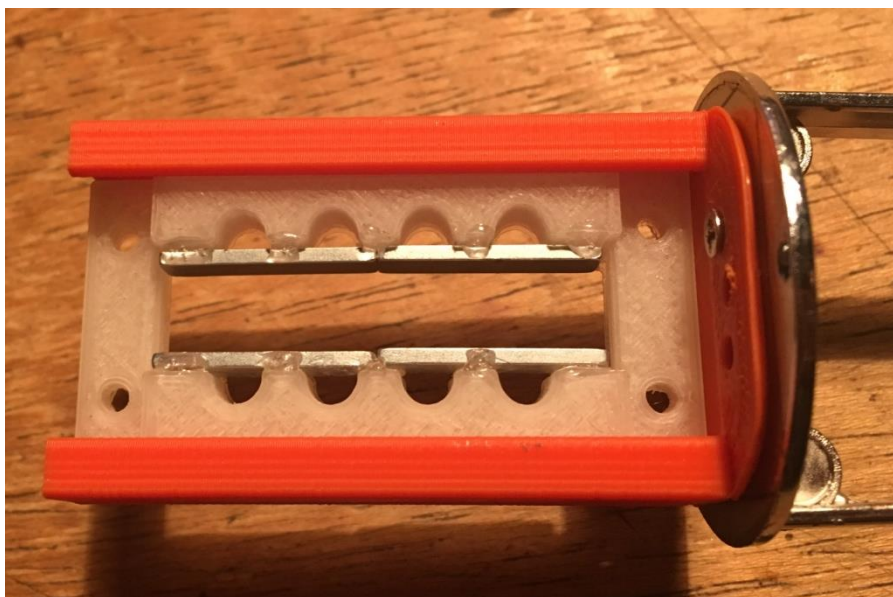
Po vytisknutí jsem se rozhodl původní návrh ještě trochu předělat. Neodymové magnety, které jsem si pro svůj projekt vybral, mají celkovou délku 40 milimetrů, kdežto mnou navržený

prototyp motoru byl původně vytvořený pro magnety dlouhé 50 milimetrů. Rozhodl jsem se tedy původní návrh upravit a celkovou vnitřní délku zkrátit na 40 milimetrů. Druhý prototyp byl již vytvořený dobře. Následovala instalace magnetů, které jsem si již nechal poslat přímo z výroby před delší dobou. Magnety jsou proti sobě nasměrovány opačnými póly, aby vytvářely homogenní magnetické pole. K motoru jsou magnety fixovány velmi jednoduše – vteřinovým lepidlem. Ještě bylo potřeba vytvořit uchycení motoru do samotného těla mikrofonu. Tělo mikrofonu jsem získal již před časem, kdy mi byl dán do opravy levný čínský mikrofon neurčité značky. Mikrofon byl velmi poškozený a opravit jej již nebylo možné. Ovšem pro můj projekt byl mikrofon zcela ideální. Má celkem kvalitní kovové provedení, a na svoji prodejní cenu je velmi slušně zpracovaný. Po dohodě s majitelem mi byl mikrofon darován a přestavba mohla začít. Mikrofon jsem rozebral a vyndal staré komponenty. Použit byl pouze kovový korpus, krycí mřížka vložky a výstupní konektor. (obrázek 18)



Obrázek 18 – Korpus mikrofonu [21]

Na samotný korpus mikrofonu bylo ještě třeba vymyslet uchycení motoru. Vytvořil jsem si držák, do kterého se zasune celý již hotový motor. Držák je opatřen dírami pro uchycení do kovové části korpusu. (obrázek 19) Celý držák byl navržen v online designovém editoru Tinkercad, stejně jako motor, a je taktéž vytisknut na 3D tiskárně Prusa i3.



Obrázek 19 - Uchycení motoru ke korpusu mikrofonu [22]

Některé části byly tisknuty víckrát, kvůli nepřesné rozteči děr, nebo nedokonalému výtisku. Také se často liší barva výrobků kvůli použitému filamentu.

Další důležitou částí mikrofonu je pásek. Po přečtení několika zahraničních článků, a konzultaci s kolegou, jsem se pro výrobu pásku rozhodl použít tenkou hliníkovou fólii, která se používá pro restaurátorské účely, podobně jako plátkové zlato. Obyčejný „alobal“ který je tenký asi 10 mikrometrů, je pro použití v páskovém mikrofonu nevhodný, protože vlastní pásek nesmí být příliš tlustý kvůli dokonalému přenosu kmitočtů a také protože by byl příliš těžký a vlastní vahou by se mohl prohýbat a vytahat se. Oproti tomu plátkový hliník, který jsem pro svůj projekt použil je tenký 2-3 mikrometry a pro použití v mikrofonu se hodí daleko více. Pásek musí mít na sobě horizontální, nebo vertikální zvlnění, kvůli dokonalé pružnosti, a aby se co nejvíce zabránilo parazitnímu chvění. Já jsem zvolil horizontální. Je častější a jednodušší na výrobu. Práce s plátkovým hliníkem byla velmi složitá, protože hliník reagoval na jakýkoli podnět, statický náboj, vlhké ruce a okamžitě se buď se potřhal, nebo pomuchlal. Uchycení pásku k samotnému motoru je provedeno mosazným plíškem, aby vznikl vodivý spoj, ale nevznikala chemická reakce mezi kovy. Zároveň je na plíšek nutné připájet drátky pro připojení k transformátoru a následně na výstupní konektor. Upevnění samotného pásku do motoru mezi magnety proběhlo celkem hladce za pomoci pinzety a papíru. Pásek byl ukotven plíškem a zafixován mosaznými šroubky. Připájené drátky vedoucí do převodního transformátoru šly připájet také velmi snadno, avšak je nutné podotknout, že drátky se musely pájet na plíšek ještě před upevněním na plastovou část motoru, aby nedošlo k poškození.

Poslední, avšak velmi důležitou částí mého projektu, bylo sehnat vhodný převodní transformátor. Pro komerčně vyráběné páskové mikrofony se používají velmi drahé převodní transformátory např. značky Lundahl, Edcor, které mají velmi specifické vlastnosti. Transformátory pro tyto mikrofony totiž musí splňovat určité parametry, které v domácích

podmínkách není vůbec lehké napodobit. Asi nejobtížnějším parametrem takových transformátorů je jejich velmi nízký odpor, maximálně v řádech desítek ohmů. Dále pak převodní poměr, který bývá 1:32 – 1:37. Pokusil jsem se tedy trochu zaexperimentovat. Z obvyčejného linkového transformátoru, který jsem měl doma jsem odmotal sekundární vnutí a místo něj, namotal dvakrát jednu vrstvu měděného, izolovaného drátu o průměru 0.8 milimetru, čímž jsem dosáhl nízkého odporu. Obě vrstvy jsem pak zapojil spolu paralelně. Takže původní primární vnutí transformátoru slouží v mém obvodu jako sekundární a sekundární vnutí slouží jako primární. Prvotní dojem ze zapojení byl velmi příznivý, mikrofon hrál velmi dobře. Ale protože můj prototypový převodní transformátor není úplně ideální, bylo třeba na předzesilovači (používám předzesilovače mixážního pultu zn. Soundcraft MFX 12) nastavit vyšší vstupní úroveň a poměr signálu k šumu se zhoršil. Výsledek však stále nebyl vůbec špatný. Transformátor byl v mikrofonním těle uchycen na nevodivou destičku a zafixován.



Obrázek 20 - Hotový prototyp mikrofonu [23]

První prototyp mikrofonu byl tedy hotov a připraven jako výchozí bod dalšího projektu. Mikrofon na první poslech hraje dobře. Kovové tělo dodává mikrofonu na pevnosti. Další částí mého projektu do budoucna jsou praktická měření frekvenční odezvy mikrofonu a poté pořizování nahrávek.

4 ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo vytvořit funkční prototyp páskového mikrofonu, a hlavně se ještě více vzdělat v oboru elektroakustiky. I přes pár počátečních potíží se mi podařilo vytvořit funkční prototyp, který mi bude velmi důležitou inspirací pro další práce. Rád bych se zabýval ještě zdokonalením tohoto prototypu (např. nahrazením některých součástí kvalitnějšími, preciznější provedení aj.). Dále pak měřeními frekvenční odezvy u mého prototypu a

nahráváním ve studiových podmínkách, popřípadě porovnáním s páskovými mikrofony dostupnými na trhu. Další velmi podstatnou částí, která mi byla velkým přínosem, byla část teoretická, kde jsem si rozšířil znalosti v oblastech mikrofonních principů a charakteristik. Jsem rád, že jsem měl možnost vytvořit takový prototyp a že se mi podařilo rozšířit si znalosti.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A CITACÍ

- [1] Thomas Alva Edison [online]. [cit. 2018-08-13]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/edison980605/view?searchterm=edison>
- [2] Páskové mikrofony [online]. [cit. 2018-08-13]. Dostupné z: <http://www.musicstore.cz/clanky/paskove-mikrofony>
- [3] Obrázek 1 - schéma uhlíkového mikrofону – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/384-odporovy-uhlikovy-mikrofon>
- [4] Obrázek 2 - schéma piezoelektrického mikrofону – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrofon>

- [5] Obrázek 3 - schéma elektromagnetického mikrofonu – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].https://www.elektroakustika.cz/tesla_amm100.html
- [6] Obrázek 4 - schéma kondenzátorového mikrofonu – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].<https://mobilenet.cz/galerie/schema-kondenzatoroveho-mikrofonu-134864/clanek-14057>
- [7] Obrázek 5 - schéma dynamického mikrofonu – cívkový – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].<https://www.mff.cuni.cz/cs/verejnost/zpravicky/vite-proc-reproduktor-hraje>
- [8] Obrázek 6 - schéma dynamického mikrofonu – páskový – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12].https://www.elektroakustika.cz/types_microphones.html
- [9] Obrázek 7 - schéma elektretového mikrofonu – Dostupné z:[online]. In: . [cit. 2018-12-12]https://www.elektroakustika.cz/types_microphones.html
- [10] Obrázek 8 – směrové charakteristiky – Dostupné z:[online]. In: . [cit. 2018-12-12]<https://www.music-city.cz/press/1884/tvuj-mikrofon-tvuj-styl-tvuj-hlas.html>
- [11] Obrázek 9 - kulová charakteristika – Dostupné z:[online]. In: . [cit. 2018-12-12]<https://docplayer.cz/45058973-Akusticke-veliciny-mikrofony-smerova-charakteristika-lokalizace-zdroje-zvuku-tdoa.html>
- [12] Obrázek 10 - kardioidní charakteristika – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12]<https://www.sennheiser.cz/index.php?id=23&produkt=8427>
- [13] Obrázek 11 - hyperkardioidní charakteristika – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12]<https://www.sennheiser.cz/index.php?id=23&produkt=8427>
- [14] Obrázek 12 - osmičková charakteristika – Dostupné z:[online]. In: . [cit. 2018-12-12]<http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-workshopy/Jak-to-vidi-slysi-zvukar-XIV-Signalovy-retezec-mikrofony-III~12~listopad~2015/>
- [15] Obrázek 13 - úzce směrová charakteristika – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12]https://www.fi.muni.cz/lemma/referaty/09/Svoboda_Ondrej-svoboda_akvizice_zvuku_minireferat.pdf
- [16] Obrázek 14 - princip páskového mikrofonu – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12]<http://www.musicstore.cz/clanky/paskove-mikrofony>
- [17] Obrázek 15 - Směrová a kmitočtová charakteristika páskového mikrofonu sE electronics VR-2 – Dostupné z: [online]. In: . [cit. 2018-12-12]<https://www.seelectronics.com/vr1-vr2-ribbons/>
- [18] Obrázek 16 - Designový editor Tinkercad – Zdroj: vlastní obrázek
- [19] Obrázek 17 - Tisk motoru – Zdroj: vlastní obrázek

- [20] Obrázek 18 – Korpus mikrofonu – Zdroj: vlastní obrázek
- [21] Obrázek 19 - Uchycení motoru ke korpusu mikrofonu – Zdroj: vlastní obrázek
- [22] Obrázek 20 - Hotový prototyp mikrofonu – Zdroj: vlastní obrázek
- [23] Elektroakustika: Konstrukce mikrofonů [online]. Dostupné z: http://www.elektroakustika.cz/types_microphones.html
- [24] Směrové a frekvenční charakteristiky mikrofonů [online]. Dostupné z: <http://www.janzaudio.com/clanky/smerove-a-frekvencni-charakteristiky-mikrofonu.html>
- [25] ZAČÍNÁME S MIKROFONY [online]. Dostupné z: <http://frontman.cz/zaciname-s-mikrofony>
- [26] Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf

6 SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY

1. SVOBODA, J. a BRDA J.: Elektroakustika do kapsy. STNL Praha. 1981
2. KUBÁT, K.: Zvukař amatér. STNL Praha. 1978
3. KUBÁT, K.: Příručka zvukaře a fonoamatéra. SNTL Praha. 1990 – ISBN 80-03-00260-5
4. GRÉNAR, M.: Tvarování přijímací charakteristiky mikrofonního pole. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivan Míča