

Výroční zpráva projektu specifického výzkumu na rok 2015 - zakázka č. 2133

Název projektu: **Závislost měřeného indexu přenosu řeči STIPA na směrové a frekvenční charakteristice akustického přijímače**

Specifikace řešitelského týmu

Odpovědný řešitel:

doc. dr. René Drtina, Ph.D.

Studenti magisterského studia na PdF UHK:

Bc. Pavel Fejfar

Externí spolupráce:

Akustické laboratoře FEL ZČU Plzeň:

Ing. Oldřich Tureček, Ph.D., Ing. Martin Schlosser,

Ing. Ladislav Zuzjak, Ing. Jan Karel.

Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D. - konzultant počítačového modelu směrové charakteristiky skládaného akustického snímače

Celková částka přidělené dotace

61 000 Kč (vč. navýšení rozpočtu projektu)

Východiska projektu

Projekt specifického výzkumu navazuje na předcházející projekty SV PdF 2123/2011, SV PdF 2129/2012, SV PdF 2131/2013 a SV PdF 2134/2014. Vycházíme z dosavadních výsledků akustických měření a srozumitelnostních testů, kde jsme zjistili výrazné disproporce mezi hodnotami srozumitelnosti CIS přepočítanými z výsledků měření STIPA podle ČSN EN 60268-16 *Elektroakustická zařízení - Část 16: Objektivní hodnocení srozumitelnosti řeči indexem přenosu řeči*, a výsledky logatomických testů. Pro měření se standardně používá tlakový kondenzátorový měřicí mikrofon se všesměrovou (kulovou) charakteristikou, která se výrazně odlišuje od směrového slyšení člověka. Cílem projektu specifického výzkumu proto bylo zjištění vlivu směrových charakteristik měřicích mikrofonů a simulací směrového slyšení na měřené hodnoty STIPA a CIS.

Postup při řešení projektu

Prvotním krokem k řešení projektu bylo teoretické odvození směrových funkcí dvojice hyperkardiodních snímačů a zpracování výpočetního modelu pro planární, sférickou a cylindrickou vlnu. Průběžné výsledky teoretického řešení ukázaly, že z finálního odvození a modelování můžeme vypustit cylindrickou vlnu. V praxi zanedbatelné jsou rozdíly mezi uvažováním bodového snímače a snímače konečné velikosti. Tlakové zvýšení u frekvencí jejichž vlnová délka je srovnatelná s průměrem membrány snímače je zpravidla kompenzováno jeho konstrukcí. Pro finální model jsme tedy mohli použít výrazné zjednodušení na dvojici bodových snímačů s proměnnou bází. Pro dvojici snímačů byl vyroben držák, umožňující plynulou změnu báze snímačů v rozmezí 6-17 cm a pasivní symetrický T-článek pro sloučení signálů. Měření směrových charakteristik snímačů dvojčete jsme realizovali v bezodrazové komoře akustických laboratoří FEL ZČU v Plzni. Současně jsme si ověřili, že slučovač lze ve spojení s analyzáto-rem NTi XL2 použít jak s měřicím předzesilovačem ART-PRO MPA II, tak pro přímé sloučení signálu snímačů, a to bez měřitelných rozdílů. Výsledky měření prokázaly jak dobrou shodu směrových charakteristik s výpočetním modelem, tak správnost návrhu slučovače z hlediska impedančního přizpůsobení a oddělovacího útlumu.

Pro vlnový snímač typu "short gun" jsme provedli principální teoretické porovnání závislosti výstupního napětí na úhlu dopadu rovinné a kulové vlny a výpočty směrových funkcí pro linkový snímač s délkou 8,5 cm. Porovnání vypočtených a v bezodrazové komoře akustických laboratoří FEL ZČU v Plzni opakovaných měření směrových charakteristik prokázalo vcelku dobrou shodu výpočtu směrových funkcí a výsledků měření. Následně byla provedena kalibrace hladinových úrovní analyzátoru NTi XL2 pro dvojici hyperkardiodních snímačů i pro vlnový snímač.

Vysoká variabilita logatomických testů, pro případné zamezení zkreslení výsledků zapamatováním si posloupnosti slabik při opakovaných testech, je zajištěna opravenou zdrojovou jednotkou MDJ-510S, v níž byla vyměněna magnetooptická snímací a záznamová hlava. Zdrojová jednotka slouží i pro záznam odezvy měřicích signálů z měřeného prostoru, které jsou následně analyzovány na pracovišti RTV nebo v akustických laboratořích FEL ZČU v Plzni.

Srovnávací měření byla provedena v učebnách budovy C a v pronajatém zkušebním prostoru. Referenčním snímačem byl měřicí kondenzátorový mikrofon třídy I podle souboru norem ČSN EN 61094 NTi 2210. Referenční zářič NTi TalkBox byl umístěn ve výšce 150 cm, hladina měřicího signálu 60 a 70 dB. V každém měřicím bodu byly změřeny hodnoty STIPA a CIS dvojicí snímačů MD441 při bázi 6,5 a 17 cm a vlnovým mikrofonem ME36. Logatomické testy byly provedeny pouze orientačně pro posouzení shody s měřicími metodami.

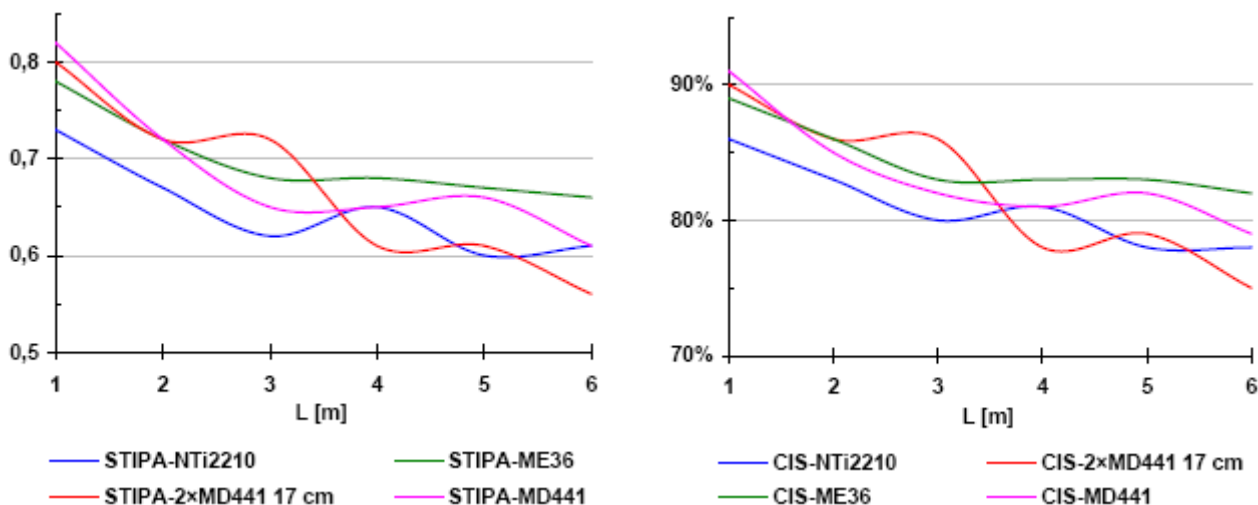
Dosažené výsledky

Výsledky měření prokázaly významný vliv směrových charakteristik snímačů na měřené hodnoty STIPA a CIS. Použití směrových snímačů ve všech případech představovalo zvýšení měřených hodnot v oblasti volného pole.

Naměřené hodnoty potvrzují prediktivní odhad, že zúžení směrové charakteristiky snímacího dvojčete potlačí signály, které přicházejí z míst mimo akustickou osu (zejména odražený zvuk z bočních směrů). Průběhy křivek STIPA a CIS ukazují významně vyšší hodnoty až do vzdálenosti rovné poloměru dozvuku. Při přechodu do difúzního pole naměřené hodnoty korespondují s hodnotami zjištěnými standardním měřením. Na základě zjištěných výsledků můžeme konstatovat, že se směrové charakteristiky dvojice snímačů přibližují binaurálnímu slyšení monofonního signálu. Částečná eliminace rušivých signálů zvyšuje jak měřený index přenosu řeči, tak přepočítanou srozumitelnost.

Průběh měřených hodnot STIPA a CIS při použití vlnového snímače vykazuje hladkou křivku poklesu, která v podstatě kopíruje průběh měřený všesměrovým snímačem. Stabilnější a vyšší měřené hodnoty jsou potom v oblasti difúzního pole. Zdvih se pohybuje v průměru kolem 5 % absolutního rozsahu stupnice měřených hodnot 0-1; 0-100 % (obr.1). Nadále přetrvává závislost na pásmu nízkých frekvencí (pásmo základního tónu hlasu), které však reálně nemá vliv na dosažitelnou srozumitelnost. Předpokládáme, že jednou z možností, jak tento problém eliminovat, bude oddělení dolního pásma tzv. bypassem z měřicího signálu přímo do analyzátoru.

Souběžně s řešením projektu provádí ing. Schlosser z RICE FEL ZČU podrobné analýzy výsledků měřicí metody STIPA v reálných prostředích.



Obr.1 Výsledky srovnávacích měření STIPA a CIS

Přestože použití směrových snímačů přibližuje výsledky měření reálné logatomické poznatelnosti, přetrvává disproporce mezi výsledky měření a výsledky orientačních logatomických testů. Zjištěné rozdíly jsou v rozmezí od 8 % do 20 % při použití měřicího signálu STIPA a logatomických testů se spektrem "K" (viz DRTINA, R. et al. *Objektivizace vstupních podmínek pedagogického výzkumu. Testy srozumitelnosti řeči pro zvukové výukové materiály*. Media4u Magazine, 1/2015. s.19-27. ISSN 1214-9187.). Při použití logatomických testů "J" a "L" a při použití sálových korekcí blíží se rozdíly v extrémních případech k úrovni 50 %. Měřený údaj je tak zcela nevěrohodný a zkreslené výsledky nelze použít k interpretaci přenosových vlastností prostoru.

Rozšířené analýzy prokázaly závislost výsledků měření STIPA a CIS na korekci frekvenční charakteristiky snímačů MD441, a to v negativním působení na výsledky měření. Měření STIPA a CIS v bezodrazovém prostoru s plným frekvenčním pásmem dává výsledek 1, což odpovídá maximální srozumitelnosti v bezdozvukovém prostoru ve volném poli akustického zářiče. Při zařazení korekce pro řečový signál, stejně jako omezení dolní části spektra, se měřené výsledky zhoršují, přestože nedochází k omezování signálu na srozumitelnostně důležitých frekvencích a formantová oblast hlasu je posílena. Dochází k výrazné disproporci ve srovnání s logatomickými i subjektivními poslechovými testy přes měřené akustické snímače. Výsledky měření STIPA a CIS při použití korekcí frekvenční charakteristiky snímačů jsou výrazně odlišné od výsledků získaných pomocí srozumitelnostních testů, přičemž subjektivní testy prokazují pozitivní vliv zdvihu formantové oblasti na dosažitelnou srozumitelnost.

Výstupy projektu

V rámci řešení projektu byly zpracovány následující publikace:

ID 43870917 - výsledek kategorie D

DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. - TUREČEK, O. - FEJFAR, P. *Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS*. ICECTT 2015. Paris. Atlantis press. s. 291-294. ISSN 2352-5401. ISBN 978-94-6252-124-7.

ID 43870918 - výsledek kategorie D

DRTINA, R. - ŠEDIVÝ, J. - TUREČEK, O. - FEJFAR, P. *Effect of the Directional Characteristic of the Waves*

Sensor ME36 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS.
ICECTT 2015. Paris. Atlantis press. s.295-298. ISSN 2352-5401. ISBN 978-94-6252-124-7.

ID 43870958 - výsledek kategorie J

TUREČEK, O. - FEJFAR, P. - DRTINA, R. *Využití výsledků výzkumu a vývoje ve výuce. Část 5: Vliv směrových charakteristik mikrofonní dvojice MD441 na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS.* Media4u Magazine, 4/2015. s.83-94. ISSN 1214-9187.

ID xxxxxxxx - výsledek kategorie J - bude uplatněn v Media4u Magazine, 1/2016.

TUREČEK, O. - FEJFAR, P. - DRTINA, R. *Využití výsledků výzkumu a vývoje ve výuce. Část 6: Vliv směrové charakteristiky vlnového snímače ME36 na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS.*

Přehled realizovaných výdajů

- osobní náklady nebyly pro administrativní náročnost a nutné odvody nárokovány.
- po schválení změny v rozpočtu byla navýšena částka na stipendium na 11 235 Kč. Stipendium bylo přiznáno studentovi ID P14P0419 Bc. Pavlu Fejfarovi za transport a instalaci měřicí techniky, technickou a organizační pomoc při akustických měřeních, zhotovení suportu pro akustická měření dvojicí snímačů s proměnnou bází, výrobu symetrického slučovače měřících signálů typu dvojité T, dílčí vyhodnocení měření a úpravu (normování) dat, korekci grafických výstupů pro černobílou verzi obrázků pro zahraniční konferenci, přípravu podkladů publikačních výstupů a spolupráci na publikačních výstupech a za práci nad rámec plánovaných úkolů - spolupráce na předvýzkumu korigovaného měření s omezením dolnofrekvenčního spektra snímače a jeho náhrada přímým filtrovaným měřícím signálem ze zdrojového generátoru pro jednočíselné měřicí metody STIPA a CIS, obsluha měřicí techniky, záznam dat, programování digitálních filtrů.
- materiálové náklady ve výši 6 527 Kč byly na opravu zdrojové jednotky MDJ-510S - výměna magnetooptické snímáčí a záznamové hlavy.
- výdaje na služby ve výši 15 000 Kč představuje kalibrace měřícího zesilovače, měření slučovacího článku a měření frekvenčních a směrových charakteristik dvojitého a vlnového snímače v bezodrazové komoře.
- konferenční poplatky dosáhly výše 17 346 Kč. Bankovní poplatky a nově zavedená DPH z konferenčních poplatků byly se souhlasem oddělení VaV uhrazeny z prostředků VaV KTP.
- plánované cestovní náklady byly po schválení změn v rozpočtu navýšeny z důvodu rozšířených akustických měření v akustických laboratořích FEL ZČU v Plzni.

Přidělená dotace ve výši 61 000 Kč byla po schválených změnách v rozpočtu projektu zcela vyčerpána. Změny v rozpočtu byly průběžně schvalovány oddělením VaV Pdf. Podrobný přehled čerpání je uveden v tabulce 1.

Závěr

Výsledky dílčího výzkumu prokázaly, že vliv směrových charakteristik použitých snímačů na měřené hodnoty indexu přenosu řeči STIPA a z nich odvozené hodnoty srozumitelnosti CIS je významný. Nicméně přetrvává nesoulad výsledků měření a logatomických testů, a to až v řádu desítek procent a zůstává i problematická vazba výsledků měření na signály dolní části spektra, které reálně nemají na srozumitelnost řeči vliv, ale jejich omezení výrazně snižuje měřený index přenosu řeči. Další výzkumné aktivity proto budou směřovat k nalezení vhodných směrových charakteristik a k validaci měřených hodnot s výsledky logatomických testů, případně ke stanovení nové metodiky tak, aby jednočíselná měřicí metoda byla srovnatelně citlivá se slabikovou srozumitelností, zejména v pásmu 85-100 %, kde se standardně pohybují výsledky logatomických testů v učebních a posluchárnách, přičemž nejprísnější požadavky stanovují ztrátu srozumitelnosti do 5 %.

Tab.1 Přehled nákladů projektu 2133/2015

položka	náklady
FEL ZČU v Plzni, akustická měření, analýzy výsledků	15 000
cestovní náklady	10 893
konferenční poplatky	17 346
oprava zdrojové jednotky	6 527
stipendium	11 235
celkové náklady	61 001
přečerpáno	-1



Datum: 29. prosince 2015

doc. dr. René Drtina, Ph.D.

title: **Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS**

publication: [icectt-15](#)

part of series: [Advances in Engineering Research](#)

ISBN: [978-94-6252-124-7](#)

ISSN: [2352-5401](#)

DOI: [doi:10.2991/icectt-15.2015.55](#) (*how to use a DOI*)

author(s): René Drtina, Fejfar Pavel, Sedivy Josef, Turecek Oldrich

corresponding author: René Drtina

publication date: November 2015

keywords: speech transmission index, clarity, sensor, directional characteristic, base sensors, pressure microphone, gradient microphone, hyperkardiod microphone

abstract: Acoustic information transmission path even today maintains a dominant position. Concept clarity measurement method Stipe is based on the empirical finding that variation the level of speech signals carry important information relating to speech intelligibility. Modulation of speech arises from acoustic separation of words, sentences and phonemes, which are the basic elements of speech.

copyright: © Atlantis Press. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

full text: [T056.pdf \(1494 K\)](#)

Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS

René Drtina^{1, a}, Pavel Fejfar^{1, b}, Josef Sedivy^{1, c}, Oldrich Turecek^{1, d}

^{1,2,3,4}University of Hradec Kralove, Faculty of education, Department of technical subject Rokitanskeho 62, 500 03 Hradec Kralove, Czech Republic

^arene.drtina@uhk.cz, ^bpavel.fejfar@uhk.cz, ^cjosef.sedivy@uhk.cz, ^doldrich.turecek@uhk.cz

Keywords: speech transmission index, clarity, sensor, directional characteristic, base sensors, pressure microphone, gradient microphone, hypercardioid microphone.

Abstract: Acoustic information transmission path even today maintains a dominant position. Concept clarity measurement method Stipe is based on the empirical finding that variation the level of speech signals carry important information relating to speech intelligibility. Modulation of speech arises from acoustic separation of words, sentences and phonemes, which are the basic elements of speech.

Introduction

The outputs of the existing analyzes suggest that the measurement of the speech transmission index STIPA (although it is a standard set objective method) can not agree with logatomic tests for evaluating the transmission properties of conference areas. Especially in language classrooms, then we can assume a fatal impact classroom acoustics and the properties of the transmission channel on the quality of teaching. The aim of the specific research project SV 2113 Faculty of Education in 2015, called "The dependence of the measured speech transmission index STIPA directional and frequency characteristics of acoustic receivers." The research project builds on previous projects that followed the speech intelligibility in conference and lecture halls, and compared the possibility of measuring methods, whose output is a single number parameter. This parameter should ideally be the responsibility of logatomic recognizability, as determined by standardized logatomic tests [1]. We proceed from the fact that a normal healthy individual hearing is binaural and that, therefore, the measurement should respect human directional hearing. Our aim is to propose a modification of the measuring system so that the correlation of results of signal measurements and tests were logatomic greatest, ideally to the correlation coefficient $\rho_{CIS LOG}$ as possible to approximate to value 1.

Twin sensor MD441

For the simulation of directional hearing in the acoustic space classrooms and lecture we used a pair of Sennheiser of hypercardioid sensors MD441U.

Directional characteristics of sensors can be described so. Directivity factor Q_p , which according to [5] applies

$$Q_p = \frac{U_0^2}{\frac{1}{4\pi} \iint U_\psi^2 d\Omega} \quad (1)$$

where U_0 is the output voltage of the sensor plane waves along the acoustic axis of the transducer. Denominator represents the output voltage of the sensor in a perfectly diffuse field. Directivity factor but not determinative of the geometry of the directional characteristics.

Ideal hypercardioid sensor can create a pair of point-gradient of sensors zero and first order [2]. Typically utilizes a combination of pressure and speed sensors whose output voltages are added together. The output voltage of the speed sensor. Common mode voltage pair is then

$$U = p\eta_2 + p\eta_1 \cos \alpha = p\eta_2 \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \cos \alpha \right) \quad (2)$$

where p is the acoustic pressure, η_1 and η_2 are sensitive sensors and α is a departure from the acoustic axis of the sensor. For ratio $\eta_1 / \eta_2 = 0.75$ directivity factor reaches a maximum value of $Q_p = 4$. Direction function point hypercardioid sensors so we can ideally describe a standardized formula

$$A = 0,25 + 0,75 \cos \alpha \quad (3)$$

where A is the normalized output level of the sensor ($A_{max} = 1$). Theoretic ideal directional function of the sensor is ideal hypercardioid in Fig.1.

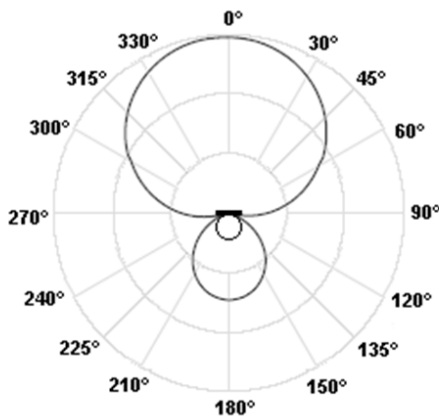


Fig. 1 Theoretic functions hypercardioid directional sensor

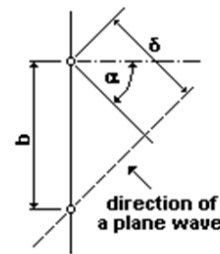


Fig. 2 Deriving a common-mode voltage sensing twin

If we use a pair of identical sensors on remote base b , lands plane wave whose propagation direction makes with the acoustic axis of the sensor angle α , a second sensor is delayed Δt , which corresponds path difference δ (Fig. 2). For common-mode voltage level and thus the directional characteristics of two identical point hypercardioid sensors base b we get, using equation (3)

$$A = (0,25 + 0,75 \cos \alpha) \left(1 + \cos 2\pi f \frac{b}{c} \sin \alpha \right) \quad (4)$$

Depending based sensors B according to equation (4) changes the resultant directional characteristic of the sensor pair. Figure 3 is a theoretical courses directional scanning functionality of identical twin point hypercardioid sensors base $b = 6$ cm and $b = 17$ cm. At relatively small base (6 cm) leads to narrowing of the directional characteristics with minimal side lobes. With the increase in the base is greatly narrow directional characteristic for lower frequencies, but for higher frequency leads to the formation of side lobes and the directional characteristic is cleaved into narrow strips [3].

For the sensors real situation is much more complicated. Above all, a realistic final dimensions of the sensor, it is not a point. Hypercardioid microphone membrane generally has the shape of a spherical cap and around its own acoustic sensors are different circuits. On Fig. 4 and Fig. 5 are measured by the directional characteristics of the transducer pair Sennheiser MD441U base $b = 6$ cm and $b = 17$ cm. Measurement of directional characteristics we realized multitone signal in an anechoic chamber with a reference microphone Brüel & Kjær analyzer and BK Pulse 3560C. The measurement results confirm the theoretical distinction directional characteristics of a pair of spot. Sensor directional characteristics of real sensors with finite dimensions and the accuracy of the model calculations in accordance direction of the side lobes [4].

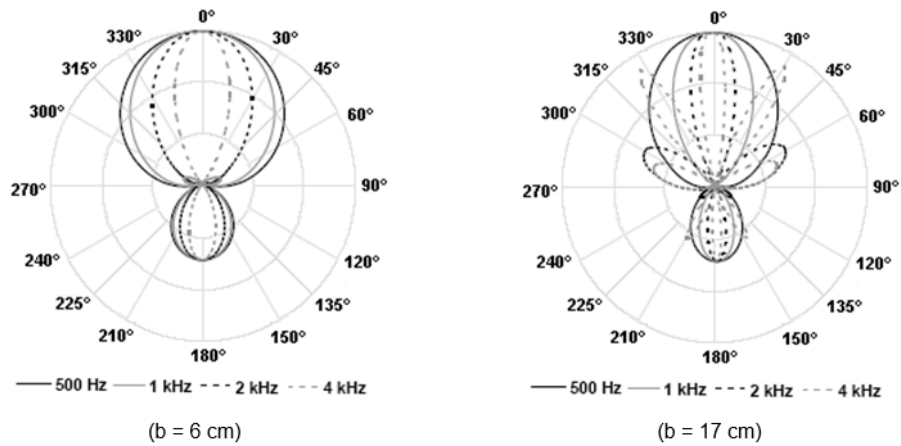


Fig 3. Theoretical courses feature a pair of directional hypercardioid sensors

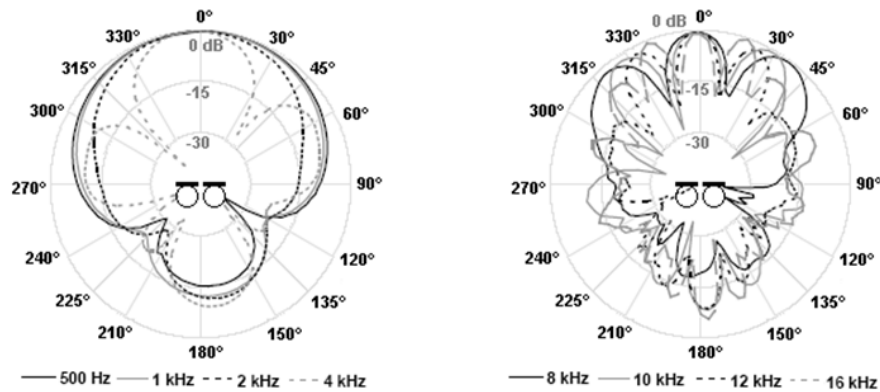


Fig.4 directional characteristics of sensor pair MD441U (b = 6 cm)

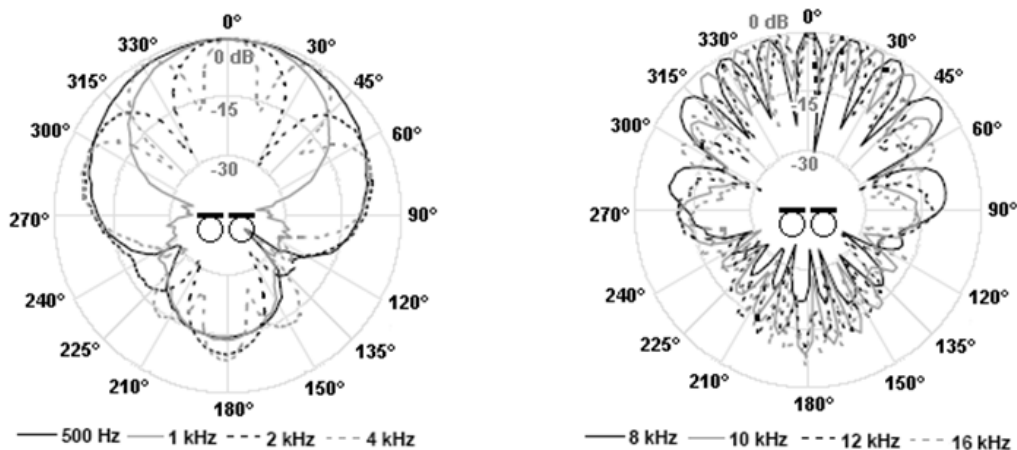


Fig.5 Directional characteristics of sensor pair MD441U (b = 17 cm)

Results of a comparative index measurements speech transmission

Effect of directional characteristics of sensors for measuring the index of speech transmission STIPA and clarity CIS we tested in space with a reverberation time of 1,5s at a distance of 1-6 m from the reference emitter NTi TalkBox. On Fig. 6, the values measured Stipe and CIS scanning twin compared with the values measured by pressure microphone NTi 2201 with “balls” characteristic. While pressure microphone largely represents unilaterally deaf man, the directional characteristics of the sensor pair is approaching binaural hearing mono signal.

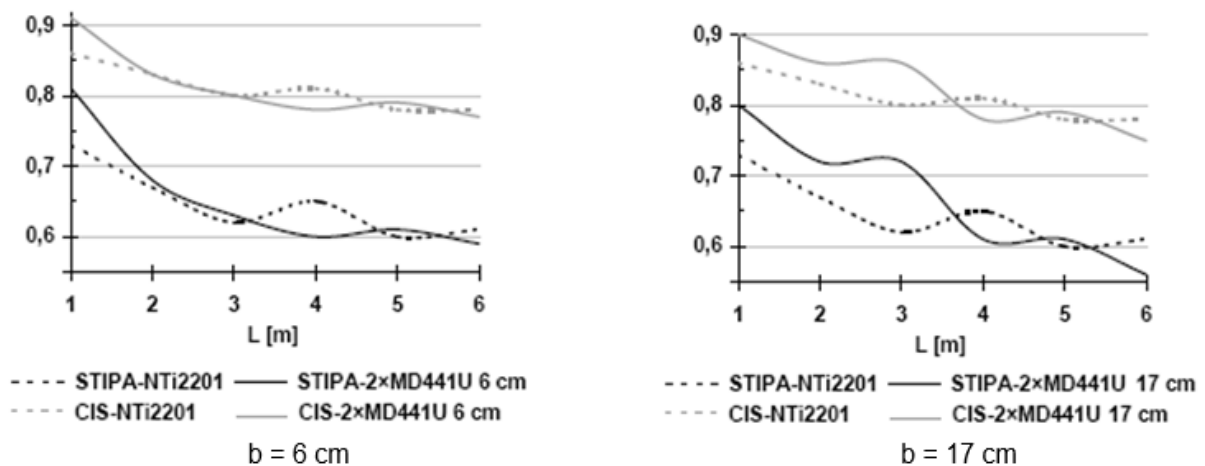


Fig.6 Comparison of measured values STIPA and CIS

Conclusion

The results of the measurements, we can infer that the directional characteristics of the sensor pair has a significant influence on the measurement results, especially in the free field and a pair of matching pitch with bases ears. In the diffuse field results are comparable.

Partial results of research have shown that the influence of directional characteristics of the used sensors to the measured value speech transmission index STIPA and derived values of clarity, the CIS is significant. Another direction of research activities, therefore, will lead to finding appropriate directional characteristics and validation of the measured values with the results of the tests logatomic so that one-numeric measurement method is comparably sensitive to syllable intelligibility, especially in the range from 85 to 100%, where the standard moving test results logatomic in conference and lecture halls, where the most stringent requirements set loss to 5% readability.

Acknowledgements

The article was prepared with the support of specific research project SV 2133 PdF UHK dependence of the measured speech transmission index STIPA directional and frequency characteristics of acoustic receivers.

References

- [1] F. W. Yuan, Q. Deng, L. H. Zhao, "Radiation Resistance Experiments of Image Sensor and Acoustic Sensor", In: *Advanced Materials Research*, Vols. 591-593, pp. 1571-1574, Nov. 2012.
- [2] S. Liu, Y. Lan, Q. Li, "Design of Underwater Acoustic Vector Sensor and its Elastic Suspension Element", In: *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 713-715, pp. 569-572, Jan. 2015.
- [3] G D. Y. Huang, "A New Method to Measure the Absorption Coefficient Based on the Sound Pressure Delaying", In: *Advanced Materials Research*, Vols. 834-836, pp. 1156-1160, Oct. 2013.
- [4] Y. Zhang, B.B. Shen, S.J. Meng, "Research of HRTF Character of Head-Mounted Microphone Array", In: *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 743, pp. 479-483, Mar. 2015

title: **Effect of the Directional Characteristic of the Waves Sensor ME36 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS**

publication: icectt-15

part of series: [Advances in Engineering Research](#)

ISBN: 978-94-6252-124-7

ISSN: 2352-5401

DOI: [doi:10.2991/icectt-15.2015.56](https://doi.org/10.2991/icectt-15.2015.56) (*how to use a DOI*)

author(s): Drtina René, Fejfar Pavel, Sedivy Josef, Turecek Oldrich

corresponding author: Drtina René

publication date: November 2015

keywords: speech transmission index, clarity, sensor, directional characteristic, pressure microphone, hypercardioid microphone wave sensor

abstract: The acoustic transmission channel has a unique place in the information transfer in all spheres of life. The dominant position acoustic communication today keeps prsonálním process information transfer. Yet achievable intelligibility in classrooms, lecture halls and a congress does not pay close attention. The existing research results show that measurement of the speech transmission index Stipe can not agree with logatomickými tests for evaluating the transmission properties of instructional space and the measurement results are dependent on the characteristics of the directional measurement microphone. Article presents preliminary results of comparative research on the influence directional characteristics of wave sensor, which simulates binaural hearing mono signal to the measured values STIPA and CIS.

copyright: © Atlantis Press. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

full text: [T057.pdf \(1479 K\)](#)

Effect of the Directional Characteristic of the Waves Sensor ME36 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS

René Drtina^{1, a}, Pavel Fejfar^{1, b}, Josef Sedivy^{1, c}, Oldrich Turecek^{1, d}

^{1,2,3,4}University of Hradec Kralove, Faculty of education, Department of technical subject Rokitanskeho 62, 500 03 Hradec Kralove, Czech Republic

^arene.drtina@uhk.cz, ^bpavel.fejfar@uhk.cz, ^cjosef.sedivy@uhk.cz, ^doldrich.turecek@uhk.cz

Keywords: speech transmission index, clarity, sensor, directional characteristic, pressure microphone, hypercardioid microphone wave sensor.

Abstract: The acoustic transmission channel has a unique place in the information transfer in all spheres of life. The dominant position acoustic communication today keeps prsonálním process information transfer. Yet achievable intelligibility in classrooms, lecture halls and a congress does not pay close attention. The existing research results show that measurement of the speech transmission index Stipe can not agree with logatomickými tests for evaluating the transmission properties of instructional space and the measurement results are dependent on the characteristics of the directional measurement microphone. Article presents preliminary results of comparative research on the influence directional characteristics of wave sensor, which simulates binaural hearing mono signal to the measured values STIPA and CIS.

Introduction

The research plan, which builds on previous research projects speech intelligibility in classrooms and lecture halls, and comparing the measurement methods, the output parameter is a single number, clearly demonstrated the influence of directional characteristics of the used sensors to the measured value. Research has proven that a pair of Sennheiser transducers hyperkardioidních MD441U simulates conditions far better binaural hearing in healthy humans [1]. Another comparative research has focused on simulating binaural hearing using a short wave transmitter type "short gun".

Ripple sensor ME36

Wave (or also line) microphones are among the directional sensor. Cylinder horn connected to a pressure sensor has almost the entire length of the slits or openings are covered with an acoustic resistance such that all signals entering the ear canal reached a pressure sensor with the same intensity [2,3]. Principal solutions wave sensor is shown on figure 1. Adjusting the damping, it is possible to influence the properties of the auditory canal such that its effective length decreases with decreasing wavelength of the incident sound wave (effective length decreases with increasing frequency). Ideally, the directional characteristics of sensor frequency independent [4].

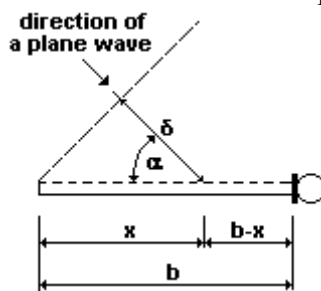


Fig.1 Principle solutions of wave sensors

Suppose that a plane sound wave propagating at the speed c , which turns at an angle α from the acoustic axis of the transducer, enter the distance x into the ear canal with a delay Δt , which is proportional to the path difference

$$\delta = x \cos \alpha \quad (1)$$

$$\text{and } \Delta t = \frac{\delta}{c} = \frac{x}{c} \cos \alpha \quad (2)$$

Phase delay signal of frequency f at a distance x is

$$\varphi = 2\pi f \frac{x}{c} (1 - \cos \alpha) \quad (3)$$

The aggregate level of both signals at a distance x will then be

$$A_M = 2A_0 \sin \pi f \frac{x}{c} (1 + \cos \alpha) \cdot \cos \pi f \frac{x}{c} (1 - \cos \alpha) \quad (4)$$

For the directional characteristics of the standard solved wave sensors can derive an equation standardized directional function of the form

$$A = \frac{\sin \pi \frac{b}{\lambda} (1 - \cos \alpha)}{\pi \frac{b}{\lambda} (1 - \cos \alpha)} \quad (5)$$

where after substituting for $\lambda = x/f$ we get

$$A = \frac{\sin \pi \frac{bf}{c} (1 - \cos \alpha)}{\pi \frac{bf}{c} (1 - \cos \alpha)} \quad (6)$$

Examples theoretical course of direction of the wave functions of the sensor according to the equation (6) with an active length of 8,5 cm are shown on figure 2.

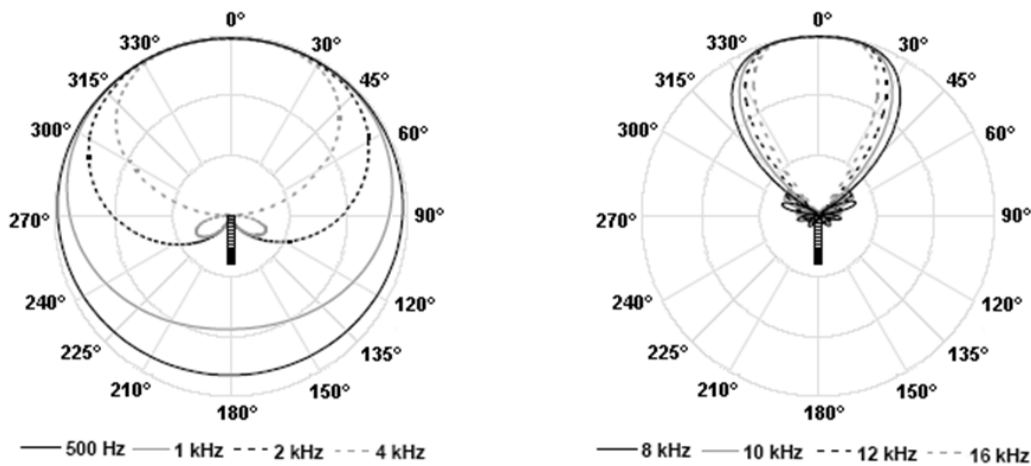


Fig.2 Theoretical courses directional wave sensor function of length 8.5 cm

Wave sensor manufacturer Sennheiser ME36 classified as a hypercardioid microphone with a narrow directional characteristics. Its dimensions are $8,2 \times 96$ mm, active length 85 mm, as called. Short gun is among the top products of its type. Measurement of directional characteristics are realized as sensors MD441U multitone signal in an anechoic chamber with a reference microphone Brüel & Kjær analyzer and BK Pulse 3560C. The measurement results are on figure 3. Like all acoustic emitters and sensors, creating even wave sensor side lobes. When comparing the directional characteristics (fig. 3) and a directional function (fig. 2) it is clear that the side lobes are

created especially for higher frequencies. Due to standardization during the directional functions but not in the charts as sharp as when using logarithmic scale with directional characteristics.

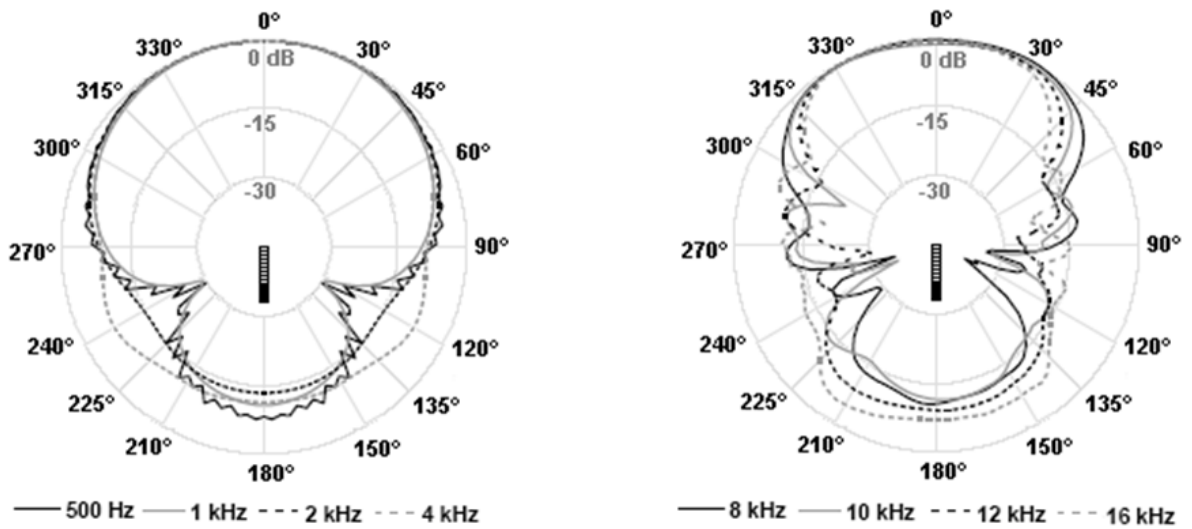


Fig.3 Measurements directional characteristics of the wave transmitter ME36

The evaluation of the directional characteristics that the suppression of the rear signal is at -8 to 14 dB, the side signals are then suppressed at -9 to -21 dB (neglecting null directions).

Results of a comparative index measurements speech transmission

Effect of directional characteristics of sensors for measuring the index of speech transmission STIPA and clarity CIS we tested in space with a reverberation time of 1,5 s at a distance of 1-6 m from the reference emitter NTi TalkBox. On Fig. 4 the values STIPA CIS and measured wave sensor ME36 compared to the values measured pressure microphone NTi M2210 with balls characteristic.

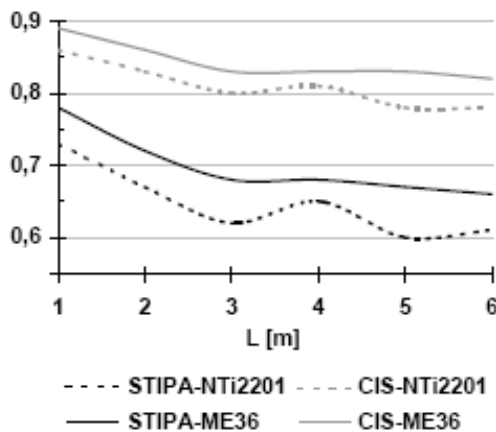


Fig.4 Comparison of measured values STIPA and CIS

The results of the measurements, we can infer the assumption that the directional characteristic wave sensor has a significant influence on the measurement results, both in free field and in diffuse field. From the course of the measured values we show that the results obtained by wave sensors are less sensitive to local variations. This is seen, for example at a distance of 4 m, which corresponds approximately to the geometric center of the space.

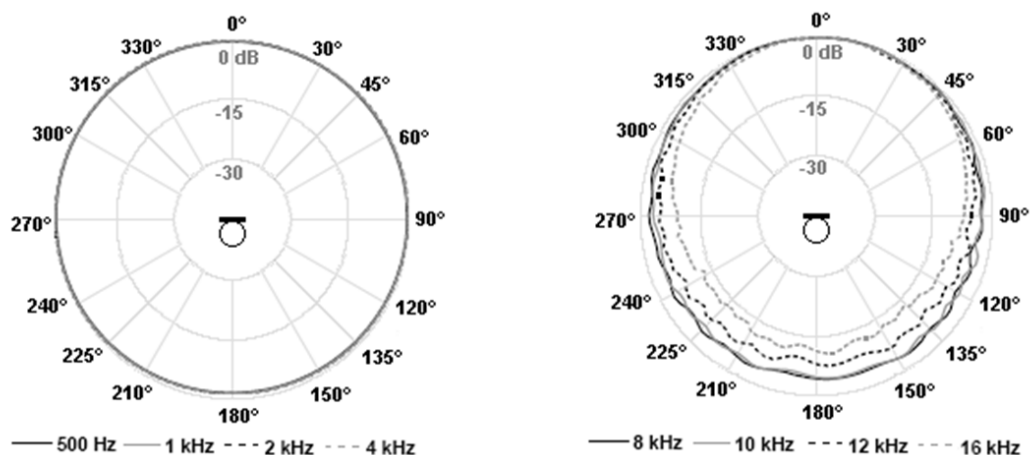


Fig.5 directional measurement microphone characteristics NTi M2210

While approaching wave sensor directional characteristics of binaural hearing mono signal, pressure microphone fails to comply with the direction of the incoming sound waves and largely represents one side of a hearing man. Like a pair of sensors and sensor suppresses wave signals coming from the rear and side sensors.

Conclusion

Partial results of research have shown that the influence of the directional characteristics of the sensor to the measured value speech transmission index STIPA and derived values of clarity, the CIS is significant. Another direction of research activity will therefore be directed towards finding suitable methods and comparative audioprocessing possible to validate the measured values with the results logarithmic tests.

In the future we will need to establish the method for the calculation of the correction of the measured values with respect to a transmitted frequency band. STIPA method incorrectly indicates a worsening of speech transmission index damping at low frequencies, which are on their own intelligibility of speech virtually zero share. In practice, it is clearly proven that just suppressing low frequencies of speech signal actually increases intelligibility in spaces with long reverberation time, since the sonic energy is restricted to long doznívajích tones.

Acknowledgements

The article was prepared with the support of specific research project SV 2133 PdF UHK dependence of the measured speech transmission index STIPA directional and frequency characteristics of acoustic receivers.

References

- [1] D. Y. Huang, "A New Method to Measure the Absorption Coefficient Based on the Sound Pressure Delaying", *Advanced Materials Research*, Vols. 834-836, pp. 1156-1160, Oct. 2013
- [2] P. Voborník, "Mini-Language for Effective Definition of the Color Gradients", *Advanced Materials Research*, Vols. 1030-1032, pp. 1882-1885, Sep. 2014
- [3] R. Nemeč, S. Hubalovsky, "Development of System SMPSL for Bit Communication", *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 475-476, pp. 871-874, Dec. 2013
- [4] E. Fumiaki, T. Toshiaki, K. Tanaka, "Development of a Heart Rate Measurement Method Using Body Conduction Sound Sensor", *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 103, pp. 616-621, Sep. 2011



S odbornou podporou mezinárodního kolegia vysokoškolských pedagogů vydává Ing. Jan Chromý, Ph.D., Praha.

12. ročník

4/2015

Media4u Magazine

ISSN 1214-9187 Čtvrtletní časopis pro podporu vzdělávání

The Quarterly Journal for Education * Квартальный журнал для образования

Časopis je archivován Národní knihovnou České republiky

Časopis je na seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik, který vydává Rada pro výzkum, vývoj a inovace ČR

NA ÚVOD

INTRODUCTORY NOTE

Každoroční bilancování nás opravňuje k určité spokojenosti s dosahováním vytyčených postupných cílů. Náš časopis je zařazen:

- do databáze ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences),
- na Seznam recenzovaných neimpaktovaných periodik, který vydává Rada pro výzkum, vývoj a inovace ČR,
- v databázi EBSCO Publishing do sekce Education Research Index Family,
- v databázi Polska Bibliografia Naukowa - Polish Scholarly Bibliography.

Časopis jako mediální partner dlouhodobě podporuje pořádání vybraných mezinárodních vědeckých konferencí:

- Média a vzdělávání - Media and Education
- Modernizace vysokoškolské výuky technických předmětů.

Redakční rada přesto plánuje další vývoj časopisu směrem ke stabilní mezinárodní kvalitě a tomu odpovídajícímu zařazení časopisu do kvalitních mezinárodních databází.

Na jaro 2016 je připravována konference Ekonomické a jiné znalosti v kontextu mezinárodní transformace sociálních činností, řízení a komunikace ve spolupráci Katedry technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové a Katedry UNESCO "Filozofie lidské komunikace" Charkovské národní technické zemědělské univerzity Petra Vasylenka, které spolupracují na mezinárodním výzkumném projektu.

Redakční rada děkuje celému letošnímu kolegiu nezávislých recenzentů za jejich obětavou práci a podporu časopisu.

Kolegium externích recenzentů časopisu v roce 2015:

prof. Ing. Bohumil Král, CSc.
prof. PhDr. Eva Malá, CSc.
prof. PhDr. Libor Pavera, CSc.
prof. dr hab. Dariusz Rott
prof. PhDr. Alena Vališová, CSc.
doc. PhDr. Dana Dobrovská, CSc.
doc. PhDr. Jiří Dvořáček, CSc.
doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
doc. PhDr. Alena Kajanová, Ph.D.
doc. Ing. Vratislav Kozák, Ph.D.
doc. PaedDr. Dana Kričfaluši, CSc.
doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.
doc. PhDr. Libuše Podlahová, Dr.
doc. Ing. Miloslav Rotport, CSc.
doc. Ing. PhDr. Lucie Severová, Ph.D.
doc. PhDr. Jan Trnka, CSc.
doc. Ing. Lenka Turnerová, CSc.
doc. Ing. Eva Wagnerová, CSc.
Mgr. Martin Bastl, Ph.D.
Ing. Kateřina Berková, Ph.D.
Ing. Marie Fišerová, Ph.D.
Ing. Lucia Krištofiaková, Ph.D.
PhDr. Jan Lavrinčík, Ph.D.
Ing. Markéta Lexová, Ph.D.
Mgr. Václav Maněna, Ph.D.
PhDr. Jitka Petrová, Ph.D.
PhDr. Iva Švábíková, Ph.D.
Ing. Eva Tóblová, Ph.D.
Mgr. Jitka Tomková, Ph.D.
Ing. Oldřich Tureček, Ph.D.
Ing. Marie Urbanová, Ph.D.
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.

Pavel Cyrus

**Rozbor klíčových aspektů ovlivňujících potenciální uchazeče o studium oboru
Učitelství technických předmětů pro základní školy**

*Analysis of the Key Aspects Influencing Potential Applicants for Study in Teaching
Technical Subjects for Primary Schools*

Zuzana Chmelářová

Podpora tvorivosti ve vyučovacím procese

Support to Creativity in Education

Josef Smolík

Etika výzkumu v sociálních vědách

Ethics of research in Social Sciences

Peter Polakovič - Rozmarína Dubovská

**Teoretické východiská k problematice ICT gramotnosti v základnom školskom
vzdelávaní**

Theoretical Approaches to ICT Literacy in Primary School Education

Radim Špilka

Převrácená třída

Pedagogický experiment na ZŠ

Flipped Classroom

The Pedagogical Experiment on the Primary School Level

Blanka Klímová - Petra Poulová - Andrea Vokálová

Pedagogické principy implementace sociálních sítí ve školách

Pedagogical Principles of the Implementation of Social Networks at Schools

Katarína Krpáľková Krelová

Možnosti využitia simulácie v príprave budúcich učiteľov

Possibilities of Using Simulation in Pre-service Teacher Training

Ondřej Kořínek

Modelování a simulace v objektově orientovaném programování

Modeling and Simulation in Object Oriented Programming

Ivana Šimonová

Mobilní elektronická zařízení ve výuce odborného anglického jazyka

Mobile Devices for ESP Teaching and Learning

Tomáš Sadílek

Analýza úrovně jazykových kompetencí studentů technické univerzity

Analysis of the Language Competence Level of Technical University Students

Andrea Berková

Počítačové hodnocení matematických znalostí studentů ve výuce matematické analýzy

*Computer-Aided Assessment of Students' mathematical Knowledge in the Subject of
Mathematical Analysis*

Kateřina Berková

**Analýza efektů z výuky účetnictví na obchodních akademiích při využití postupné
gradace úloh**

*The Analysis of Accounting Teaching Effects Resulting from Usage of Progressive Tasks
Gradation at Business Academies*

Pavel Krpálek

**Podpora rozvoje podnikavosti ve výuce podnikové ekonomiky
Případová studie z pedagogické praxe VŠO v Praze, o.p.s.**

*Support for the Development of Entrepreneurship in the Education Business Economics
Case Study of Teaching Practice on the University of Business in Prague*

Jaromír Novák

**Komparácia učebníc účtovníctva pre obchodné akadémie v Slovenskej republike
a Českej republike**

*Comparison of Textbooks on Accountancy for Business Academies in the Slovak Republic
and the Czech Republic*

Alena Králová

Příprava učitelů pro výuku fiktivních firem a Junior Achievement firem

Preparation of teachers for the fictive firms and the Junior Achievement firms education

Lucie Sára Závodná - Martina Konečná

Vnímání e-knihy jako nového médium na trhu

Perception of e-Book as a New Medium in the Market

Jan Závodný Pospíšil - Lucie Kašparová

Skrytá reklama v časopisech pro ženy

Hidden advertising in women's magazines

Oldřich Tureček - Pavel Fejfar - René Drtina

**Využití výsledků výzkumu a vývoje ve výuce. Část 5: Vliv směrových charakteristik
mikrofonní dvojice MD441 na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS**

Use Of Research And Development In The Teaching

*Part 5: Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the
Measured of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS*

Jaroslav Lokvenc - Jan Škoda - René Drtina

**Podpora výuky předmětu obnovitelné zdroje energie v elektrotechnických laboratořích
Část 2: Koncepce rozvaděče měřicího soustrojí**

*Teaching Support for Course Renewable Energy Sources in the Electrotechnical
Laboratories*

Part 2: The Concept of a Electric Switchboard for the Measuring Machine Sets

Martina Fasnerová

**Kvantitativní znak jednotažného lineárního písma žáků základních škol
jako jedna z měřitelných kategorií**

*Quantitative Trait of Joined-up Linear Handwriting by Primary School Pupils
as One of the Measurable Categories*

VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ VÝZKUMU A VÝVOJE VE VÝUCE
Část 5: Vliv směrových charakteristik mikrofonní dvojice MD441
na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS

USE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE TEACHING
Part 5: Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441
on the Measured of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS

Oldřich Tureček - Pavel Fejfar - René Drtina

Katedra technologií a měření, Fakulta elektrotechnická, Západočeská univerzita v Plzni
Katedra technických předmětů, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové
Department of Technologies and Measurement, Faculty of Electrical Engineering, University of West Bohemia in Pilsen
Department of Technical subjects, Faculty of Education, University of Hradec Kralove

Abstrakt: Přenos informací akustickou cestou si i dnes ve vyučovacím procesu udržuje dominantní postavení. Výstupy dosavadních analýz ukazují, že měření indexu přenosu řeči nelze ztotožnit s logatomickými testy pro hodnocení přenosových vlastností výukových prostorů. Článek přináší dílčí výsledky srovnávacího výzkumu vlivu směrových charakteristik na měřené hodnoty STIPA a CIS. Uvedeny jsou směrové charakteristiky a výsledky měření dvojice snímačů, které simulují binaurální slyšení monofonního signálu.

Abstract: *Transmission of the information via acoustic channel keeps the dominant position in teaching process until nowadays. The outputs of the existing analysis indicate that the measuring of the speech transmission index cannot agree with logatom tests for evaluation of transmission characteristics of lecture theaters. This article presents partial results of comparative research, how directional characteristics affect measured STIPA and CIS values. Directional characteristic and microphone pair measurement results, which simulate binaural listening, are also stated in this article.*

Klíčová slova: index přenosu řeči, srozumitelnost, snímač, směrová charakteristika, mikrofon.

Keywords: *speech transmission index, intelligibility, sensor, directional characteristics, microphone.*

1 ÚVOD

Výstupy dosavadních analýz naznačují, že měření indexu přenosu řeči STIPA [1] (přestože se jedná o normou stanovenou objektivní metodu) nelze ztotožnit s logatomickými testy pro hodnocení přenosových vlastností výukových prostorů [2]. Zejména v oblasti jazykových učeben potom můžeme předpokládat fatální dopad akustiky učebny a vlastností přenosového kanálu na kvalitu výuky. Cílem projektu specifického výzkumu SV PdF 2133 *Závislost měřeného indexu přenosu řeči STIPA na směrové a frekvenční charakteristice akustického přijímače* je ověřit možnosti korekce měřených hodnot v závislosti na směrových charakteristikách použitých snímačů. Výzkumný záměr, na jehož řešení se pravidelně podílejí studenti navazujícího magisterského studia katedry technických předmětů Pedagogické fakulty Univerzity Hradec Králové, navazuje na předcházející projekty, které sledovaly srozumitelnost řeči v učebnách a posluchár-

nách a porovnávaly možnosti měřicích metod, jejichž výstupem je jednočíselný parametr. Ten by měl v ideálním případě odpovídat logatomické poznatelnosti, zjištěné metodou standardizovaných logatomických testů [3] [4]. Vycházíme ze skutečnosti, že normální slyšení zdravého jedince je binaurální a že by tedy měření mělo respektovat směrové slyšení člověka. Naší snahou je navrhnout úpravy měřicího systému tak, aby korelace výsledků signálového měření a logatomických testů byla co největší, v ideálním případě aby se korelační koeficient $\rho_{\text{CIS,LOG}}$ co nejvíce blížil 1.

2 DIDAKTICKÝ PŘÍNOS PROJEKTŮ SPECIFICKÉHO VÝZKUMU PRO VÝUKU TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ

Propojení teorie a praxe dlouhodobě považujeme za nezbytnou podmínku výuky v technicky

orientovaných předmětech. Projekty specifického výzkumu tak studentům reálně umožňují zapojit se do řešení dílčích problémů a současně si v praxi ověřit teoretické předpoklady, s nimiž se seznámí v přednáškách a seminářích. Příkladem může být odvození směrových charakteristik hyperkardiodního snímače, které jsme realizovali v rámci předmětu Elektrotechnické laboratoře. Teoretické výsledky potom byly porovnány se skutečnými směrovými charakteristikami změřenými v akustických laboratořích a při praktických akustických měřeních v učebně měli studenti možnost sledovat vliv směrových charakteristik na výsledky měření.

2.1 Teoretické odvození směrové funkce hyperkardiodního snímače pro rovinnou vlnu

Směrové charakteristiky snímačů lze zjednodušeně popsat tzv. činitelem směrovosti Q_p , pro který podle [5] platí

$$Q_p = \frac{U_0^2}{\frac{1}{4\pi} \iint U_\psi^2 d\Omega} \quad (1)$$

kde U_0 je výstupní napětí snímače při dopadu rovinné vlny ve směru akustické osy snímače. Jmenovatel zlomku reprezentuje výstupní napětí snímače v dokonale difúzním poli. Činitel směrovosti ale přitom nemá faktickou vypovídací schopnost o geometrii směrové charakteristiky daného snímače.

Ideální hyperkardiodní snímač můžeme vytvořit dvojicí bodových gradientních snímačů nultého a prvního řádu [6]. Zpravidla se využívá kombinace tlakového a rychlostního snímače, jejichž výstupní napětí se sčítají. Výstupní napětí rychlostního snímače je

$$U_1 = p\eta_1 \cos \alpha \quad (2)$$

a výstupní napětí tlakového snímače

$$U_2 = p\eta_2 \quad (3)$$

kde p je akustický tlak, η_1 a η_2 jsou citlivosti snímačů a α je odklon od akustické osy snímačů. Součtové napětí dvojice je potom

$$U = p\eta_2 + p\eta_1 \cos \alpha = p\eta_2 \left(1 + \frac{\eta_1}{\eta_2} \cos \alpha \right) \quad (4)$$

Pro poměr $\eta_1/\eta_2 = 0,75$ dosahuje činitel směrovosti maximální hodnoty $Q_p = 4$. Pro směrovou

funkci bodového hyperkardiodního snímače tak můžeme v ideálním případě psát normovanou rovnici ve tvaru

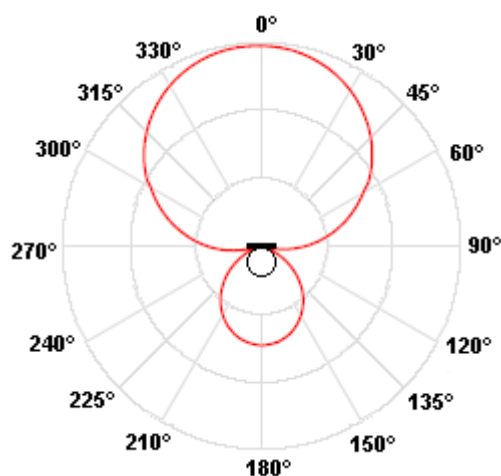
$$A = 0,25 + 0,75 \cos \alpha \quad (5)$$

kde A je normovaná výstupní úroveň snímače ($A_{\max} = 1$). Teoretický průběh směrové funkce pro ideální hyperkardiodní snímač je na obr.1.

Z jejího průběhu vyplývá, že hyperkardiodní snímač je teoreticky zcela necitlivý na signály přicházející ze směrů odkloněných o $90-120^\circ$ od akustické osy snímače (tj. z boku snímače), kdy je dopadající rovinná vlna rovnoběžná s akustickou osou snímače nebo je odkloněná mírně dozadu. Nulový směr, tj. směr dopadu rovinné vlny, kdy je výstupní napětí snímače teoreticky rovno nule, můžeme určit z rovnice (5)

$$\alpha = \arccos \frac{-0,25}{0,75} \quad (6)$$

Nulové směry hyperkardiodního snímače podle (6) jsou $\pm 109^\circ$, tj. 109° a 250° .

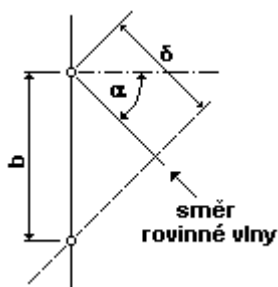


Obr.1 Teoretický průběh směrové funkce hyperkardiodního snímače

2.2 Teoretické odvození směrové funkce pro dvojici hyperkardiodních snímačů pro rovinnou vlnu

Dalším krokem v práci studentů na seminářích bylo odvození teoretického průběhu směrové funkce pro dvojici identických hyperkardiodních bodových snímačů s proměnnou bází (s proměnnou vzdáleností snímačů). V tomto případě dochází ke sčítání fázově posunutých akustických signálů, jejichž velikost je ovlivněna směrovou funkcí vlastního snímače.

Použijeme dvojici identických snímačů vzdálených o bázi b . Rovinná vlna, jejíž směr šíření svírá s akustickou osou snímačů úhel α , dopadne na druhý snímač se zpožděním Δt , které odpovídá dráhovému rozdílu δ (obr.2).



Obr.2 K odvození součtového napětí snímacího dvojčete (rovinná vlna)

Dráhový rozdíl δ bude

$$\delta = b \sin \alpha \quad (7)$$

a časové zpoždění signálu při známé rychlosti zvuku c

$$\Delta t = \frac{\delta}{c} = \frac{b \sin \alpha}{c} \quad (8)$$

Časovému zpoždění Δt odpovídá, v závislosti na frekvenci f , fázové zpoždění

$$\varphi = 2\pi f \Delta t = 2\pi f \frac{b}{c} \sin \alpha \quad (9)$$

Zavedeme-li do rovnice (9) vlnovou délku λ , pro kterou platí $\lambda = c/f$, dostaneme pro fázové zpoždění

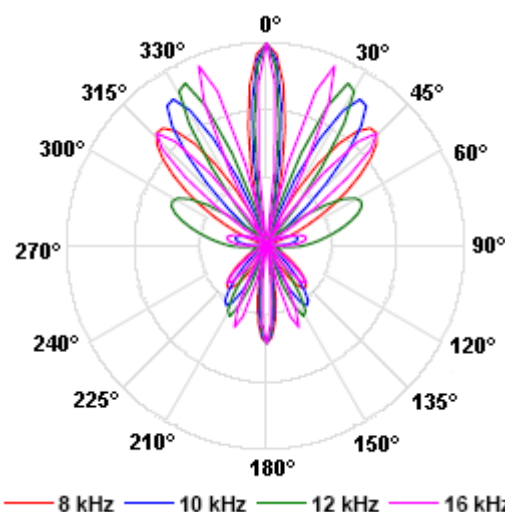
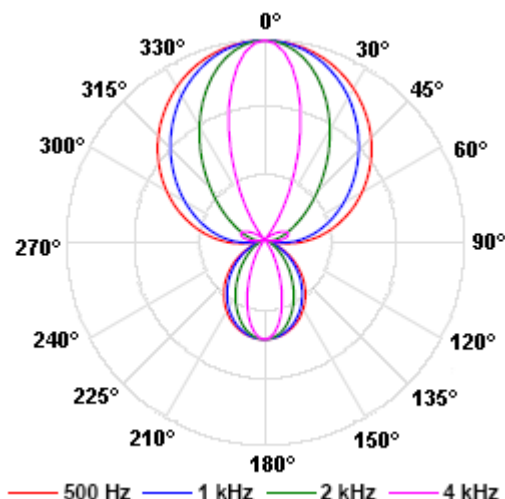
$$\varphi = 2\pi \frac{b}{\lambda} \sin \alpha \quad (10)$$

Pro úroveň součtového napětí a tím i pro směrovou funkci dvou identických bodových hyperkardioidních snímačů s báží b dostaneme, s využitím normované rovnice (5)

$$A = \left(0,25 + 0,75 \cos \alpha \right) \left(1 + \cos 2\pi f \frac{b}{c} \sin \alpha \right) \quad (11)$$

V závislosti na bázi snímačů b se podle rovnice (11) mění i výsledná směrová funkce dvojice snímačů. Na obr.3 jsou teoretické průběhy směrových funkcí dvojice identických bodových hyperkardioidních snímačů s báží $b = 6$ cm pro frekvence 500 Hz, 1, 2, 4, 8, 10, 12 a 16 kHz. Z průběhů je zřejmé, že při relativně malé bázi (6 cm) dochází k zužování směrové charakteris-

tiky s minimální tvorbou postranních laloků až do frekvence 4 kHz. Pro vyšší frekvence (8 kHz a výše) se výrazně zužuje hlavní lalok a vytvářejí se výrazné boční laloky. Pro frekvenci 8 kHz ve směru $\pm 45^\circ$, pro frekvenci 10 kHz ve směru $\pm 33^\circ$ a pro frekvenci 12 kHz ve směru $\pm 27^\circ$. Při frekvenci 16 kHz potom směrová funkce vykazuje dvojici bočních laloků ve směrech $\pm 22,5^\circ$ a $\pm 45^\circ$.

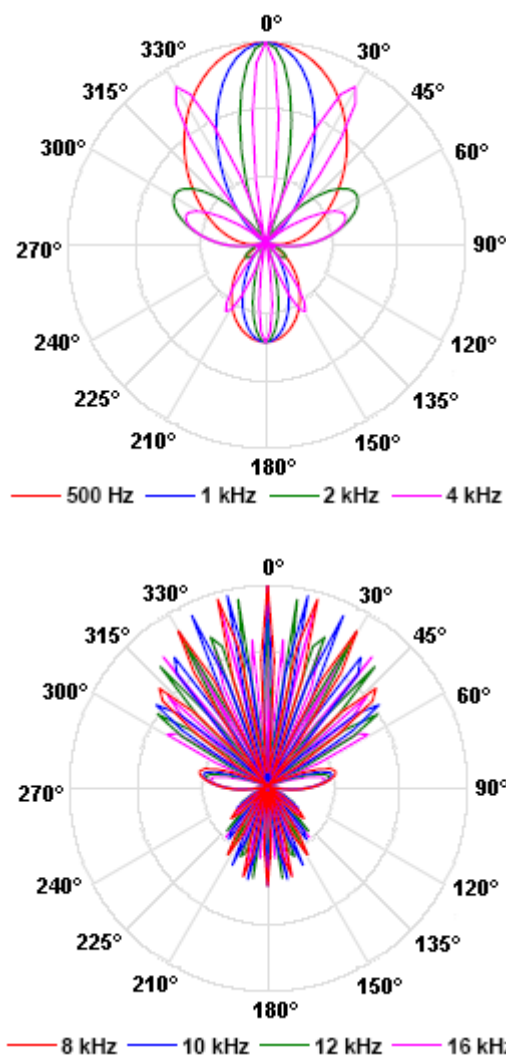


Obr.3 Teoretické průběhy směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů ($b = 6$ cm)

Se zvětšováním báze snímačů se zvětšuje fázový posuv podle rovnice (10). Zejména při kratších vlnových délkách se dopadající signál může v rozmezí směru dopadu $\alpha = 0$ až $\pi/2$ objevit mezi snímači i několikrát v protifázi, kdy součtové napětí snímačů teoreticky klesá až k nule a i pro nižší frekvence dochází k výrazné tvorbě bočních laloků.

Na obrázku 245 jsou uvedeny teoretické průběhy směrové funkce pro bázi snímačů $b = 17$ cm.

Z obrázku je zřejmé, že rozšířením báze došlo k výraznému zúžení hlavního laloku směrových funkcí již od nízkých frekvencí (500 Hz). Pro frekvenci 4 kHz se průběh směrové funkce štěpí do tří úzkých pásů směrového příjmu, které jsou vzájemně posunuté o $\pm 33^\circ$.



Obr.4 Teoretické průběhy směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů ($b = 17$ cm)

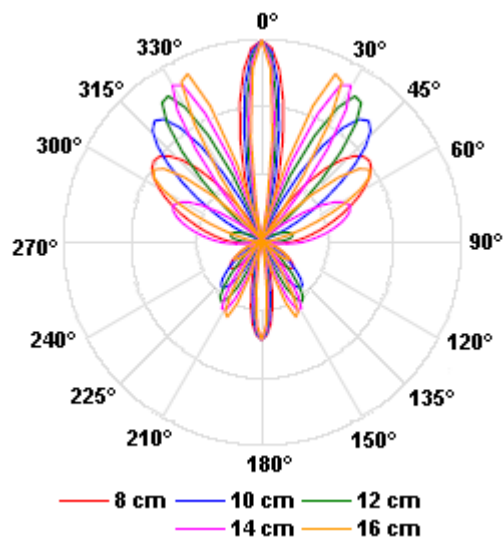
Při frekvencích 8 kHz a vyšších se při velké šířce báze směrové funkce skládají z několika ostře ohraničených úzkých laloků (obr.4). Ve všech případech ale zůstávají zachovány hlavní nulové směry $109,47^\circ$ a $250,53^\circ$ podle rovnice (6).

Tab.1 ilustruje příklad vlivu šířky báze snímačů na průběh směrové funkce. Na obr.5 jsou teoretické průběhy směrové funkce dvojice hyperkardioidních snímačů při frekvenci 5 kHz pro bázi 8, 10, 12, 14 a 16 cm.

Tab.1 Směry bočních laloků při změně báze

báze	směr bočních laloků
8 cm	$\pm 54^\circ$
10 cm	$\pm 42^\circ$
12 cm	$\pm 33^\circ$
14 cm	$\pm 30^\circ, \pm 69^\circ$
16 cm	$\pm 24^\circ, \pm 57^\circ$

dvojice hyperkardioidních snímačů, $f = 5$ kHz



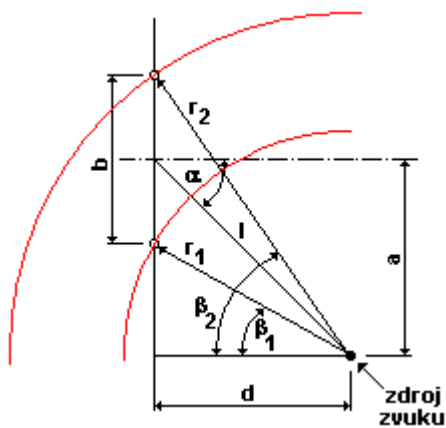
Obr.5 Teoretické průběhy směrové funkce dvojice hyperkardioidních snímačů (proměnná báze, $f = 5$ kHz)

2.3 Teoretické odvození směrové funkce pro dvojici hyperkardioidních snímačů pro sférickou a cylindrickou vlnu

Podstatně náročnějším úkolem bylo pro studenty odvození součtového napětí dvojice snímačů při dopadu sférické (kulové) a cylindrické (válnové) vlny, protože dostupné zdroje, včetně vysokoškolských učebnic, skript a odborných publikací, řeší z praktických důvodů pouze dopad rovinné vlny. Předpokládejme, že je zdroj zvuku umístěn ve vzdálenosti l od středu báze snímačů a odkloněn o úhel α od osy snímacího dvojčete (obr.6). Vůči středu báze snímačů je tak posunut o souřadnice

$$a = l \sin \alpha \quad (12)$$

$$d = l \cos \alpha \quad (13)$$



Obr.6 K odvození součtového napětí snímacího dvojčete (kulová a válcová vlna)

Poloměry kulové nebo válcové vlnoplochy r_1 a r_2 lze stanovit několika způsoby. Pro směrové úhly β_1 a β_2 platí

$$\operatorname{tg}\beta_{1,2} = \frac{a \mp \frac{b}{2}}{d} \quad (14)$$

po dosazení z rovnic (12) a (13) dostaneme

$$\operatorname{tg}\beta_{1,2} = \frac{l \sin \alpha \mp \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} \quad (15)$$

a následně směrové úhly

$$\beta_{1,2} = \operatorname{arctg} \frac{l \sin \alpha \mp \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} \quad (16)$$

Poloměry vlnoploch potom jsou

$$r_1 = \frac{d}{\cos \beta_1} \quad (17)$$

$$r_2 = \frac{d}{\cos \beta_2} \quad (18)$$

Po dosazení (16) do (17) (18)

$$r_{1,2} = \frac{l \cos \alpha}{\cos \operatorname{arctg} \frac{l \sin \alpha \mp \frac{b}{2}}{l \cos \alpha}} \quad (19)$$

Poloměry vlnoploch můžeme podle obr.6 odvodit také s využitím Pythagorovy věty a rovnic (12) (13)

$$r_{1,2} = \sqrt{\left(l \sin \alpha \mp \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} \quad (20)$$

Časové zpoždění dopadu signálu vypočítáme při známé rychlosti zvuku c a z dráhového rozdílu $r_1 - r_2$ podle rovnice (8)

$$\Delta t = \frac{r_2 - r_1}{c} \quad (21)$$

Časovému zpoždění Δt odpovídá, v závislosti na frekvenci f , fázové zpoždění

$$\varphi = 2\pi f \Delta t = 2\pi f \frac{r_2 - r_1}{c} \quad (22)$$

Zavedeme-li do rovnice (22) vlnovou délku λ , pro kterou platí $\lambda = c/f$, dostaneme pro fázové zpoždění

$$\varphi = 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} \quad (23)$$

Narozdíl od rovinné vlny dochází u vlny kulové a válcové nejen ke změně úhlu dopadu na jednotlivé snímače, ale dochází i ke změně akustické intenzity, která je definována jako podíl akustického výkonu a velikosti plochy, kterou daný výkon prochází

$$I = \frac{dP}{dS} \quad (24)$$

Pro kulovou vlnu, která se šíří od všesměrového zářiče v izotropním prostředí, můžeme pro akustickou intenzitu psát

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (25)$$

kde pro r^2 můžeme s využitím rovnice (20) psát

$$r_{1,2}^2 = \left(l \sin \alpha \mp \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2 \quad (26)$$

Pro válcovou vlnu konečné výšky h a lineární zářič můžeme pro akustickou intenzitu analogicky odvodit z rovnice (24)

$$I = \frac{P}{2\pi r h} \quad (27)$$

Z rovnic (25) a (27) vyplývá, že v případě kulové vlny klesá intenzita se čtvercem vzdálenosti od zdroje, kdežto u vlny válcové klesá intenzita lineárně se vzdáleností.

Vzhledem k tomu, že válcová vlna konečné výšky, generovaná lineárním zdrojem konečné délky rovné výšce vlny, je i v uzavřeném prostoru prakticky nerealizovatelná, budeme v dalším textu uvažovat výhradně kulovou vlnu. (pozn. aut.)

Hladinový rozdíl intenzit na kulových vlnoplochách s poloměry r_1, r_2 (vyjádřený v decibelech) odvodíme ze základní rovnice

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (28)$$

S využitím rovnice (24) můžeme po zjednodušení psát

$$\Delta L_I = 10 \log \frac{\frac{P}{S_2}}{\frac{P}{S_1}} \quad (29)$$

a pro normovaný výkon $P = 1$ s využitím rovnice (25)

$$\Delta L_I = 10 \log \frac{S_1}{S_2} = 10 \log \frac{4\pi r_1^2}{4\pi r_2^2} = 10 \log \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (30)$$

Po dosazení z rovnice (26) dostaneme

$$\Delta L_I = 10 \log \frac{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} \quad (31)$$

Protože pro rozdíl hladin akustického tlaku platí

$$\Delta L_p = \frac{p_2}{p_1} \quad (32)$$

můžeme postupem podle [5] pro hladinové vyjádření z rovnosti rozdílů hladin odvodit

$$10 \log \frac{I_2}{I_1} = 20 \log \frac{p_2}{p_1} \quad (33a)$$

$$10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^2 \quad (33b)$$

S využitím postupu podle (28) až (31) a pro normovaný akustický tlak $p_1 = 1$ dostaneme po dosazení ze (29)

$$\log \frac{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} = \log p_2^2 \quad (34)$$

a po odlogaritmování

$$p_2 = \sqrt{\frac{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}} \quad (35)$$

Zavedeme-li pro výpočty činitel změny akustického tlaku $k_p = p_2/p_1$, potom pro $p_1 = 1$ a $k_p = p_2$ podle rovnice (35) a pro výstupní úrovně snímačů podle rovnice (5) budou

$$A_1 = 0,25 + 0,75 \cos \beta_1 \quad (36)$$

$$\text{a} \quad A_2 = k_p (0,25 + 0,75 \cos \beta_2) \quad (37)$$

Pro úroveň součtového napětí a tím i pro směrovou funkci dvou identických bodových hyperkardioidních snímačů s bází b dostaneme s využitím rovnic (36) (37) a (22) pro kulovou vlnu

$$A = 0,25 + 0,75 \cos \beta_1 + k_p (0,25 + 0,75 \cos \beta_2) \cos 2\pi \frac{f}{c} (r_2 - r_1) \quad (38)$$

což můžeme dále zobecnit do tvaru

$$A = 0,25 + 0,75 \cos \arctg \frac{l \sin \alpha - \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} + \sqrt{\frac{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}} \cdot \left(0,25 + 0,75 \cos \arctg \frac{l \sin \alpha + \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} \right) \cdot \cos 2\pi \frac{f}{c} \left(\sqrt{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} - \sqrt{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} \right) \quad (39)$$

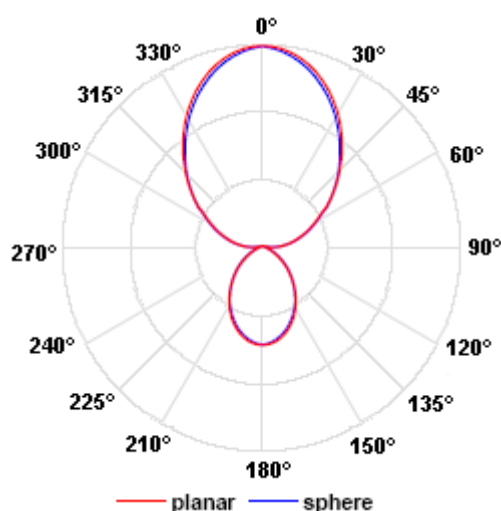
$$\begin{aligned}
 A = & 0,25 + 0,75 \cos \operatorname{arctg} \frac{l \sin \alpha - \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} + \\
 & + \sqrt{\frac{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}} \cdot \left(0,25 + 0,75 \cos \operatorname{arctg} \frac{l \sin \alpha + \frac{b}{2}}{l \cos \alpha} \right) \cdot \\
 & \cdot \cos 2\pi \frac{\sqrt{\left(l \sin \alpha + \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2} - \sqrt{\left(l \sin \alpha - \frac{b}{2}\right)^2 + (l \cos \alpha)^2}}{\lambda}
 \end{aligned}
 \tag{40}$$

Rovnice (39) a (40) představují obecné řešení rovnice (38) a byly použity pro výpočty průběhů směrových funkcí. Z didaktického hlediska jsou ukázkou rozdílu mezi formálním (symbolickým) řešením (rovnice (38)) a řešením, podle kterého se např. programují výpočty.

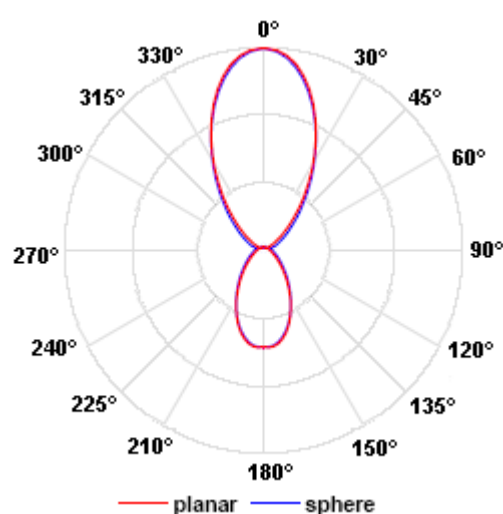
Uvedené obecné řešení není samozřejmě jediné možné. Využit lze rovněž např. rovnici (19) pro dosazení za r_1 a r_2 . (pozn. aut.)

3 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ TEORETICKÝCH ŘEŠENÍ

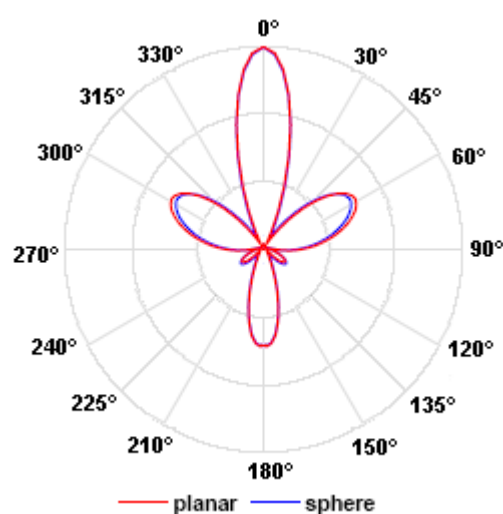
Výpočty průběhů směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů jsme realizovali v programu Excel 2000 s krokem 3° , ten je podle [7] dostačující pro konstrukci polárního grafu podle rovnic (11) a (39).



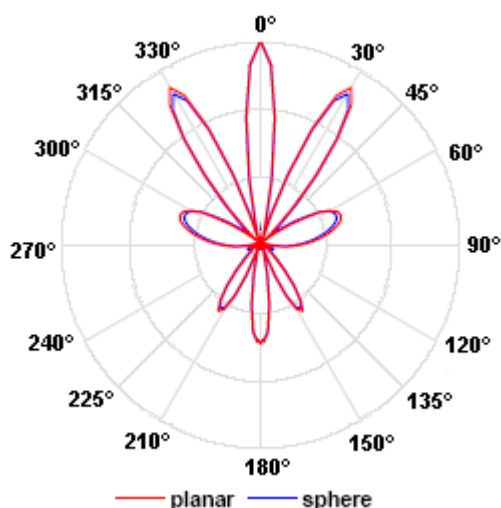
Obr.7 Srovnání teoretických průběhů směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů ($l = 1 \text{ m}$, $b = 17 \text{ cm}$, $f = 500 \text{ Hz}$)



Obr.8 Srovnání teoretických průběhů směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů ($l = 1 \text{ m}$, $b = 17 \text{ cm}$, $f = 1 \text{ kHz}$)



Obr.9 Srovnání teoretických průběhů směrových funkcí dvojice hyperkardioidních snímačů ($l = 1 \text{ m}$, $b = 17 \text{ cm}$, $f = 2 \text{ kHz}$)



Obr.10 Srovnání teoretických průběhů směrových funkcí dvojice hyperkardiodních snímačů ($l = 1$ m, $b = 17$ cm, $f = 4$ kHz)

Srovnání průběhů směrových funkcí ukázalo, že rozdíly výstupní úrovně dvojice hyperkardiodních snímačů při dopadu rovinné a kulové (případně válcové) vlny existují. Na obrázcích 7-10 jsou porovnány průběhy směrových funkcí při frekvencích 500 Hz až 4 kHz pro bázi snímačů $b = 17$ cm a vzdálenost od zdroje $l = 1$ m.

Na grafech jsou vidět nepatrné odchylky, ale ty jsou prakticky zanedbatelné. Průměrná odchylka mezi průběhy směrových funkcí nepřesahuje 3 %, pokud neuvažujeme tzv. nulové směry. Ty jsou v uvedeném případě ($b = 17$ cm, $l = 1$ m, $f = 2$ kHz) posunuty o 3-6°. Podobné výsledky dostaneme i pro frekvence 8-16 kHz. Lze tedy konstatovat, že pro běžná měření nemusíme uvažovat tvar vlnoplochy. Stejně tak fakticky nehrají roli drobné změny nulových směrů, které se mohou uplatnit výhradně pro diskrétní signály a to ještě ve volném (plenérovém) prostoru nebo při měření v bezodrazové komoře. Pro standardní měření signálů se spojitým spektrem nemají proto nulové směry snímačů praktický význam.

U reálných snímačů je situace výrazně složitější. Především má reálný snímač konečné rozměry, není tedy bodový. Membrána hyperkardiodního mikrofonu má zpravidla tvar kulového vrchlíku a kolem vlastního snímače jsou různé akustické obvody (ochranná mřížka, tlumící materiál, atd.). Soustavy snímačů se proto musejí řešit podobnými metodami, jako soustavy skládaných akustických zářičů.

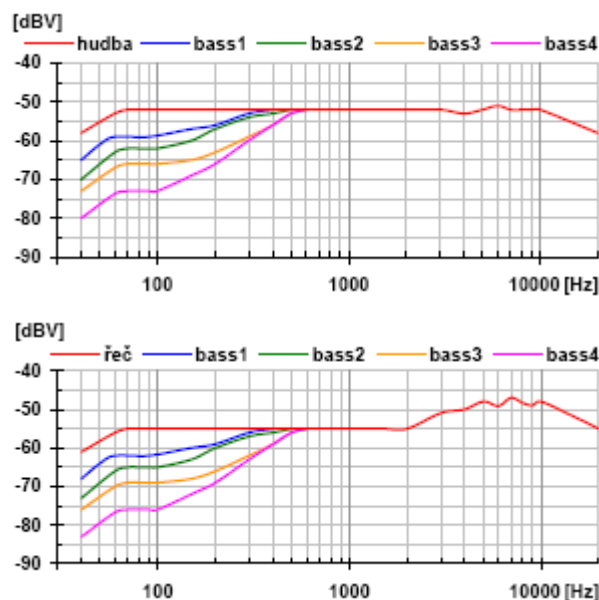
4 SNÍMACÍ DVOJICE MD441U

Pro simulaci směrového slyšení v akustickém prostoru učeben a poslucháren jsme v první fázi specifického výzkumu použili dvojici hyperkardiodních snímačů Sennheiser MD441U. Jedná se o špičkové elektrodynamické (cívkové) snímače, jejichž parametry jsou srovnatelné s kondenzátorovými mikrofony. Snímače MD441U mají vestavěny přepínatelné útlumové články pro nízké frekvence (bass control) a přepínatelný korekční článek M/S typu řečový filtr ("music/brilliance"), se zdvihem frekvenční charakteristiky ve formantové oblasti hlasového spektra. Základní technické údaje jsou uvedeny v tab.2, průběhy frekvenčních charakteristik převzaté z [8] jsou na obr.11.

Tab.2 Technické údaje snímače MD441U

směrová charakteristika	hyperkardiodní
frekvenční rozsah	30 Hz až 20 kHz
jmenovitá citlivost	1,8 mV/Pa ± 2 dB při 1 kHz
jmenovitá impedance	200 Ω
zatěžovací impedance	min 1 k Ω
rozměry	270 \times 33 \times 36 mm
hmotnost	450 g

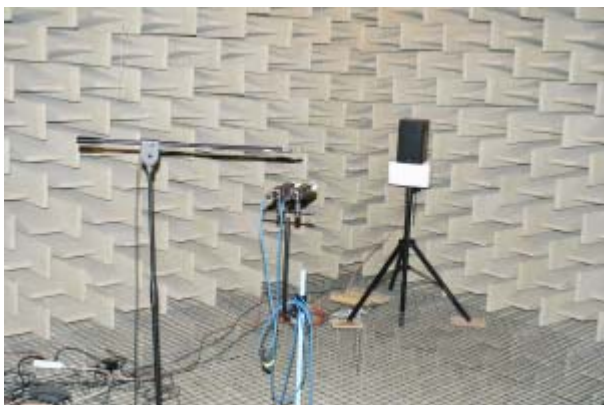
údaje převzaty z [8]



Obr.11 Frekvenční charakteristiky snímače Sennheiser MD441U v režimu M/S ("music" - nahoře, "brilliance" - dole) [8]

Měření směrových charakteristik dvojice hyperkardiodních snímačů jsme realizovali v bezodrazové komoře akustických laboratoří Fakulty elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni

(obr.12) analyzátořem Brüel & Kjær BK Pulse 3560C (obr.13). Směrové charakteristiky byly změřeny pro bázi snímačů 6 cm (obr.14) a následně pro bázi 17 cm, což odpovídá rozteči uší dospělého člověka. Pro měření byl použit multi-tónový signál s frekvencemi 300 Hz až 20 kHz. Srovnávací hladina akustického tlaku se sníma-la referenčním mikrofonem Brüel & Kjær.



Obr.12 Pohled do bezodrazové komory akustických laboratoř FEL ZČU

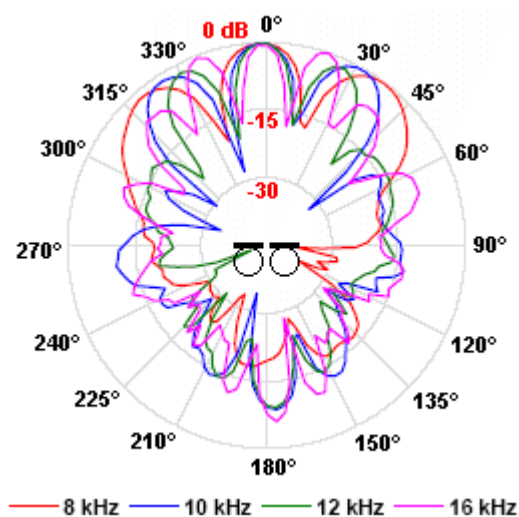
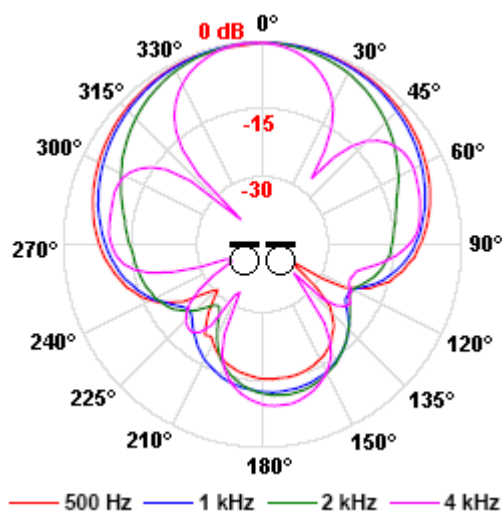


Obr.13 Analyzátoř Brüel & Kjær BK Pulse 3560C



Obr.14 Dvojice snímačů Sennheiser MD441U s referenčním mikrofonem Brüel & Kjær

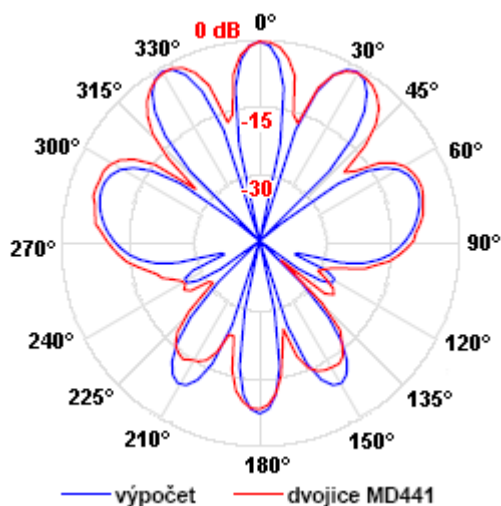
Na obr.15 jsou změřené směrové charakteristiky dvojice snímačů Sennheiser MD441U s báží $b = 6$ cm. Z grafů je zřejmé, že k výrazné tvorbě bočních laloků dochází pro frekvence nad 4 kHz.



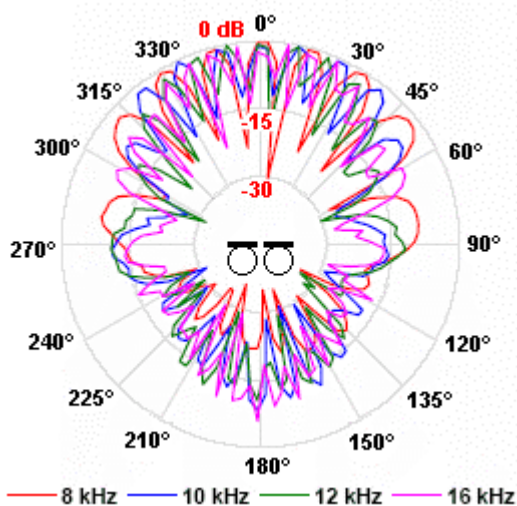
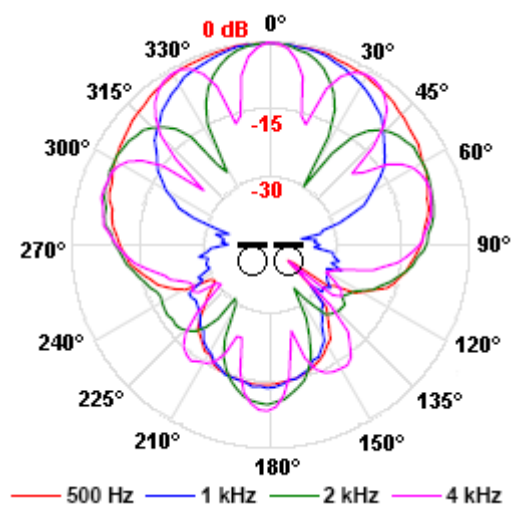
Obr.15 Směrové charakteristiky dvojice snímačů MD441U ($b = 6$ cm)

Výsledky měření samozřejmě potvrzují jistou odlišnost teoretických směrových charakteristik dvojice bodových snímačů od směrových charakteristik reálných snímačů s konečnými rozměry zejména v úrovni tzv. nulových směrů, na druhé straně ale potvrzují i správnost modelových výpočtů v soulasu směru bočních laloků (obr.16).

Na obr.17 jsou potom změřené směrové charakteristiky dvojice snímačů Sennheiser MD441U s báží $b = 17$ cm. Na grafech vidíme, že podle předpokladů a výpočtů dochází k tvorbě bočních laloků již při nižších frekvencích.



Obr.16 Srovnání vypočtených a měřených směrových charakteristik ($b = 6 \text{ cm}$, $f = 4 \text{ kHz}$)



Obr.17 Směrové charakteristiky dvojice snímačů MD441U ($b = 17 \text{ cm}$)

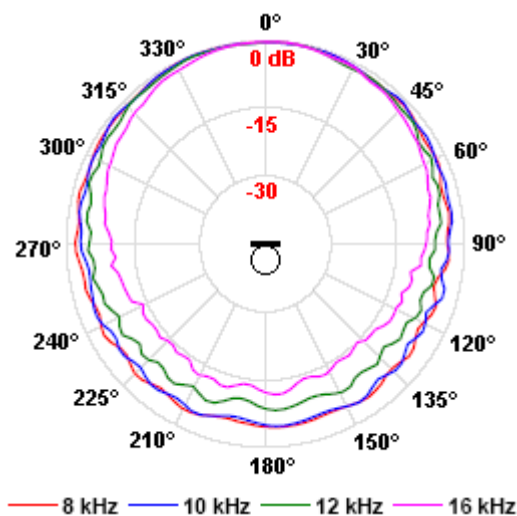
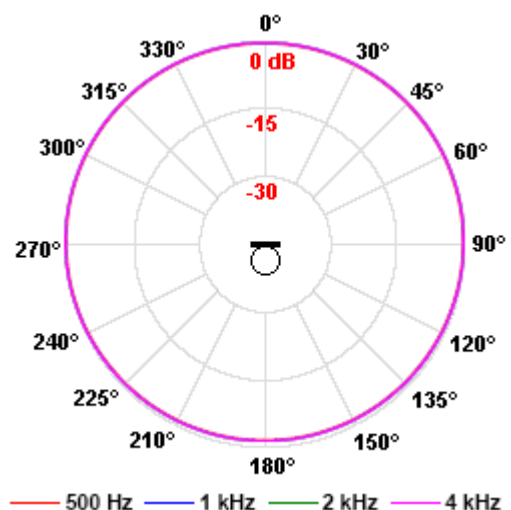
Z vyhodnocení směrových charakteristik vyplývá, že v závislosti na bázi snímačů a na frekvenci

ci (na poměru b/λ) je potlačení zadních signálů na úrovni -9 až -21 dB, boční signály jsou přitom potlačeny o -7 až -17 dB (neuvažujeme tzv. nulové směry).

5 VÝSLEDKY SROVNÁVACÍHO MĚŘENÍ INDEXU PŘENOSU ŘEČI

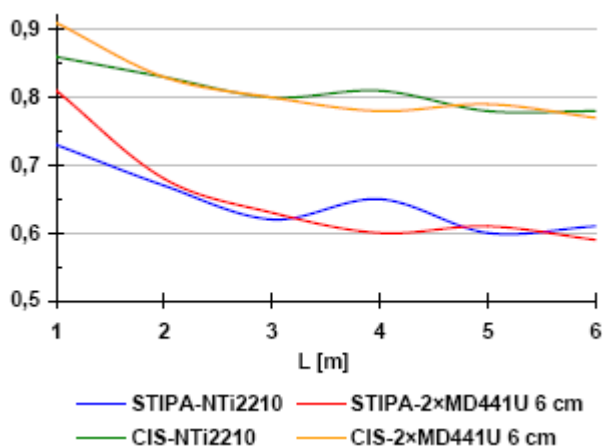
Vliv směrových charakteristik snímačů na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS jsme testovali v učebně LZT5 s dobou dozvuku 1,5 s ve vzdálenostech 1, 2, 3, 4, 5 a 6 m od referenčního zářiče NTi TalkBox při hladině akustického tlaku 70 dB ve vzdálenosti 1 m od zářiče.

Výchozí měření bylo provedeno s měřicím tlakovým mikrofonem NTi 2210 s kulovou směrovou charakteristikou (obr.18), který do značné míry reprezentuje poslech jen jedním uchem, tj. do značné míry jednostranně hluchého člověka.



Obr.18 Směrové charakteristiky měřicího mikrofону NTi 2210

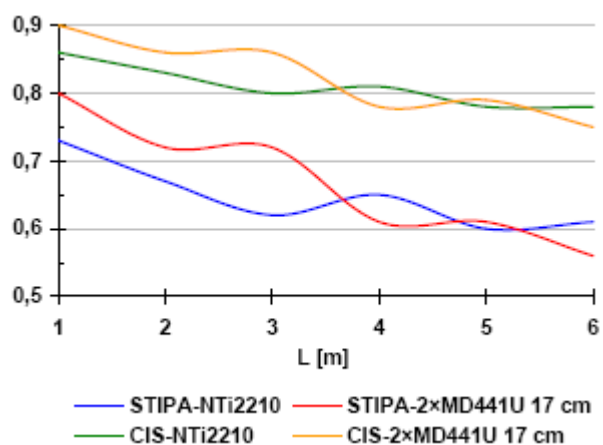
Na obr.19 jsou hodnoty STIPA a CIS změřené snímacím dvojčetem s bází 6 cm v porovnání s hodnotami změřenými tlakovým mikrofonem s kulovou charakteristikou. Z průběhu křivek vyplývá, že při bázi snímačů 6 cm dochází k významnému zvýšení indexu přenosu řeči a srozumitelnosti měřeného ve volném poli zářiče. Tedy v relativně malé vzdálenosti. Od 2 m jsou průběhy prakticky srovnatelné.



Obr.19 Změřené hodnoty STIPA a CIS
($b = 6$ cm)

Pro měření byl použit analyzátor NTi XL2, signály z obou snímačů byly sloučeny symetrickým pasivním směšovací článkem typu dvojité T.

Změřené průběhy hodnot STIPA a CIS při bázi snímačů 17 cm v porovnání s hodnotami změřenými tlakovým mikrofonem s kulovou charakteristikou jsou na obr.20.



Obr.20 Změřené hodnoty STIPA a CIS
($b = 17$ cm)

Naměřené hodnoty potvrzují prediktivní odhad, že zúžení směrové charakteristiky snímacího

dvojčete potlačí signály, které přicházejí z míst mimo akustickou osu (zejména odražený zvuk z bočních směrů). Průběhy křivek STIPA a CIS ukazují významně vyšší až do vzdálenosti rovné poloměru dozvuku. Při přechodu do difúzního pole naměřené hodnoty korespondují s hodnotami zjištěnými standardním měřením. Na základě zjištěných výsledků můžeme konstatovat, že se směrové charakteristiky dvojice snímačů přibližují binaurálnímu slyšení monofonního signálu. Částečná eliminace rušivých signálů zvyšuje jak měřený index přenosu řeči, tak přepočítanou srozumitelnost.

Považujeme za nutné připomenout, že použitý směšovací článek je pouze sčítací člen elektrických signálů. Pokud bychom chtěli při měření respektovat tzv. zákon první vlnoplochy, který je klíčovým prvkem směrového slyšení, bylo by nutné použít aktivní programovatelný slučovač.

6 ZÁVĚR

Výsledky dílčího výzkumu prokázaly, že vliv směrových charakteristik použitých snímačů na měřené hodnoty indexu přenosu řeči STIPA a z nich odvozené hodnoty srozumitelnosti CIS je významný. Nicméně přetrvává nesoulad výsledků měření a logatomických testů, a to až v řádu desítek procent a zůstává i problematická vazba výsledků měření na signály dolní části spektra, které reálně nemají na srozumitelnost řeči vliv, ale jejich omezení výrazně snižuje měřený index přenosu řeči. Další výzkumné aktivity proto budou směřovat k nalezení vhodných směrových charakteristik a k validaci měřených hodnot s výsledky logatomických testů, tak aby jednodušší měřicí metoda byla srovnatelně citlivá se slabikovou srozumitelností, zejména v pásmu 85-100 %, kde se standardně pohybují výsledky logatomických testů v učebnách a posluchárnách, přičemž nejpřísnější požadavky stanovují ztrátu srozumitelnosti do 5 %.

Spolupráce studentů na projektech specifického výzkumu je mnohdy klíčovou podmínkou realizace a to zejména v případech, kdy musíme mít k dispozici testovací skupinu o určitém počtu osob, jako například v případě logatomických testů.

Článek byl zpracován s podporou projektu specifického výzkumu SV PdF 2133 Závislost měřeného indexu přenosu řeči STIPA na směrové a frekvenční charakteristice akustického přijímače.

Použité zdroje

- [1] IEC 60268-16:2011. *Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.*
- [2] DRTINA, R. - SEDIVY, J. - SCHLOSSER M. *The objectivization of the entry conditions of the pedagogical research.* Education and modern educational technologies. IEEE. Piscataway. 2015. s.24-28. ISSN 2227-4618. ISBN 978-1-61804-322-1.
- [3] DRTINA, R. - SEDIVY, J. *Logatomic Tests as a Method of Evaluation of Speech Intelligibility in High Resolution.*
- [4] DRTINA, R. - SEDIVY, J. *A Comparative Analysis of the Frequency Spectrum of Speech in Logatomic Tests and Measurement Signals.*
- [5] MERHAUT, J. et al. *Příručka elektrakustiky.* Praha. SNTL. 1964. 64-550-64.
- [6] MERHAUT, J. *Teoretické základy elektroakustiky.* Praha. Academia. 1985. 21-068-85.
- [7] DRTINA, R. et. al. *Ozvučovací systémy pro velká auditoria. Část 8. - Směrové charakteristiky reproduktorového sloupu DPT208.* Media4u Magazine, 1/2012. s.154-164. ISSN
- [8] *Sennheiser MD441 - Bedienungsanleitung.* Sennheiser electronic GmbH & Co. KG. Wedemark. 2004. Publ. 04/04-18246/A08.

Kontaktní adresy

doc. dr. René Drtina, Ph.D. e-mail: rene.drtna@uhk.cz
Bc. Pavel Fejfar e-mail: pavel.fejfar@uhk.cz

Katedra technických předmětů
Pedagogická fakulta
Univerzita Hradec Králové
Rokitanského 62
500 03 Hradec Králové

Ing. Oldřich Turček, Ph.D. e-mail: turecek@ket.zcu.cz

Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 26
306 14 Plzeň

Nezávislé recenze pro vydání Media4u Magazine 4/2015 zpracovali:

prof. Ing. Bohumil Král, CSc.
prof. PhDr. Libor Pavera, CSc.
prof. PhDr. Alena Vališová, CSc.
doc. PhDr. Dana Dobrovská, CSc.
doc. PhDr. Jiří Dvořáček, CSc.
doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
doc. PhDr. Alena Kajanová, Ph.D.
doc. Ing. Vratislav Kozák, Ph.D.
doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.
doc. Ing. Miloslav Rotport, CSc.
doc. PhDr. Jan Trnka, CSc.
doc. Ing. Lenka Turnerová, CSc.
Ing. Kateřina Berková, Ph.D.

Ing. Marie Fišerová, Ph.D.
Ing. Lucia Krištofiaková, Ph.D.
PhDr. Jan Lavrinčík, Ph.D.
Ing. Markéta Lexová, Ph.D.
Mgr. Václav Maněna, Ph.D.
PhDr. Jitka Petrová, Ph.D.
Ing. Eva Tóblová, Ph.D.
Mgr. Jitka Tomková, Ph.D.
Ing. Marie Urbanová, Ph.D.
Mgr. Martin Doleček
Mgr. Irina Hafijčuková
Ing. Miloš Sobek
Ing. Jan Šiba

Redakční rada děkuje všem recenzentům za ochotu a za čas, který věnovali zpracování recenzních posudků.

Vydáno v Praze dne 15. 12. 2015, šéfredaktor - Ing. Jan Chromý, Ph.D., zástupce šéfredaktora - doc. dr. René Drtina, Ph.D.
Korektura anglických textů - doc. PhDr. Ivana Šimonová, Ph.D., sazba a grafická úprava - doc. dr. René Drtina, Ph.D.

Redakční rada:

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.
prof. Ing. Ján Bajtoš, CSc., Ph.D.
prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.
prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.
prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
prof. Valentina Ilganayeva, DrSc.
prof. nadzw. dr hab. Mariusz Jędrzejko
prof. Ing. Jiří Jindra, CSc.
prof. Dr. hab. Mirosław Kowalski
prof. Dr. hab. Ing. Kazimierz Rutkowski
prof. PhDr. Ing. Ivan Turek, CSc.

doc. Ing. Marie Dohnalová, CSc.
doc. PaedDr. René Drtina, Ph.D.
doc. Sergej Ivanov, CSc.
doc. Ing. Vladimír Jehlička, CSc.
doc. Ing. Pavel Krpálek, CSc.
doc. PaedDr. Martina Maněnová, Ph.D.
doc. Ing. Štěpán Müller, CSc., MBA
doc. PaedDr. Jiří Nikl, CSc.
doc. PhDr. Ivana Šimonová, Ph.D.

Mgr. Anica Djokič, MBA
PaedDr. PhDr. Jiří Dostál, Ph.D.
Donna Dvorak, M.A.
PhDr. Marta Chromá, Ph.D.
Ing. Jan Chromý, Ph.D.
Mgr. Ing. Olga Jurášková, Ph.D.
Ing. Katarína Krpálková-Krelová, Ph.D.
Mgr. Liubov Ryashko, kandidát nauk
Ing. Mgr. Josef Šedivý, Ph.D.
Ing. et Ing. Lucie Sára Závodná, Ph.D.
PhDr. Jan Závodný Pospíšil, Ph.D.

URL: <http://www.media4u.cz>
Spojení: prispevky@media4u.cz

Seznam literatury

Seznam literatury podle šablony ID záznamu

[1] **Drtina, R., Tureček, O., Šedivý, J., Fejfar, P.** Effect of the Directional Characteristics of the Microphone Pair MD441 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS. *ICECTT 2015*. Paris : Atlantis press, 2015. 4s. ISBN: 978-94-6252-124-7. ISSN: 2352-5401. Kód RIV: BI - Akustika a kmity.

granty: 0

Spec. výzkum: S.

Forma: D_ČLÁNEK VE SBORNÍKU

(ID: 43870917) (RIV ID: 50003967)

[2] **Drtina, R., Šedivý, J., Tureček, O., Fejfar, P.** Effect of the Directional Characteristic of the Waves Sensor ME36 on the Measurement of the Speech Transmission Index STIPA and Comprehensibility CIS. *ICECTT 2015*. Paris : Atlantis press, 2015. 4s. ISBN: 978-94-6252-124-7. ISSN: 2352-5401. Kód RIV: BI - Akustika a kmity.

granty: 0

Spec. výzkum: S.

Forma: D_ČLÁNEK VE SBORNÍKU

(ID: 43870918) (RIV ID: 50003968)

[3] **Drtina, R., Tureček, O., Fejfar, P.** Využití výsledků výzkumu a vývoje ve výuce. Část 5: Vliv směrových charakteristik mikrofonní dvojice MD441 na měřený index přenosu řeči STIPA a srozumitelnost CIS.. *Media4u magazine*. J. Chromý, 2015. 12s. ISSN: 1214-9187. Kód RIV: AM - Pedagogika a školství.

granty: 0

Spec. výzkum: S.

Forma: J_ČLÁNEK V ODBORNÉM PERIODIKU

(ID: 43870958) (RIV ID: 50004008)
