



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

**BUZENÍ FORMANTŮ HARMONICKÝMI FREKVENCEMI
VOKÁLNÍHO PROJEVU A ANALÝZA ZPĚVU PŘI VYUŽITÍ
VIBRÁTA**

Petr Hostička¹, Vojtěch Mišun², Petr Janovský³

***Abstrakt:** Příspěvek se zabývá experimentováním se zpěvným hlasem při známých polohách formantů. Potom je možno cíleně zvolit základní frekvenci zpívaného tónu tak, aby frekvence některé harmonické se přesně shodovala s formantem. Tato harmonická je potom velice zvýrazněna. Dále je příspěvek rozšířen o analýzu zpívaného tónu operním zpěvákem, který využívá k jeho zvětšené barvitosti a sytosti vibráta.*

***Klíčová slova:** formant, ladění formantů, vokální projev, vibráto*

1. Úvod

Vokální projev je fyzikálně akustický signál, který je generován vokálním traktem. Změnou tvaru vokálního traktu dochází k diferenciaci samohlásek. Tyto různé tvary vedou k různým polohám formantů. Formanty nazýváme několik nejnižších rezonančních frekvencí kavity vokálního traktu. Maximálně se počítá s prvními čtyřmi formanty. Příspěvek se zabývá experimentováním se zpěvným hlasem, neboli vokálním projevem, při známých polohách formantů. Cílenou volbou základní frekvence hlasu je pak možno docílit shody některé z harmonických s formantem.

2. Postup měření

Poloha formantů se v této práci určovala pomocí spektrální analýzy pomocí systému Pulse od firmy Bruel&Kjaer, kdy zkoumaná osoba zpívala české samohlásky /a/, /e/, /i/, /o/, /u/, /y/. Experiment spočíval ve spektrální analýze vokálního projevu a identifikaci polohy formantů a následným buzením formantů jakožto cílem tohoto příspěvku.

¹ Ing. Petr HOSTIČKA, VUT Brno, Ústav mechaniky těles, Technická 2, 616 69 Brno, e-mail: Hosticka@centrum.cz

² Ing. Petr JANOVSÝ, VUT Brno, Ústav mechaniky těles, Technická 2, 616 69 Brno, e-mail: peta_janovsky@email.cz

³ Doc. Ing. Vojtěch MIŠUN, CSc, VUT Brno, Ústav mechaniky těles, Technická 2, 616 69 Brno, e-mail: Misun@umtn.fme.vutbr.cz



Obr.1: Měřicí řetězec

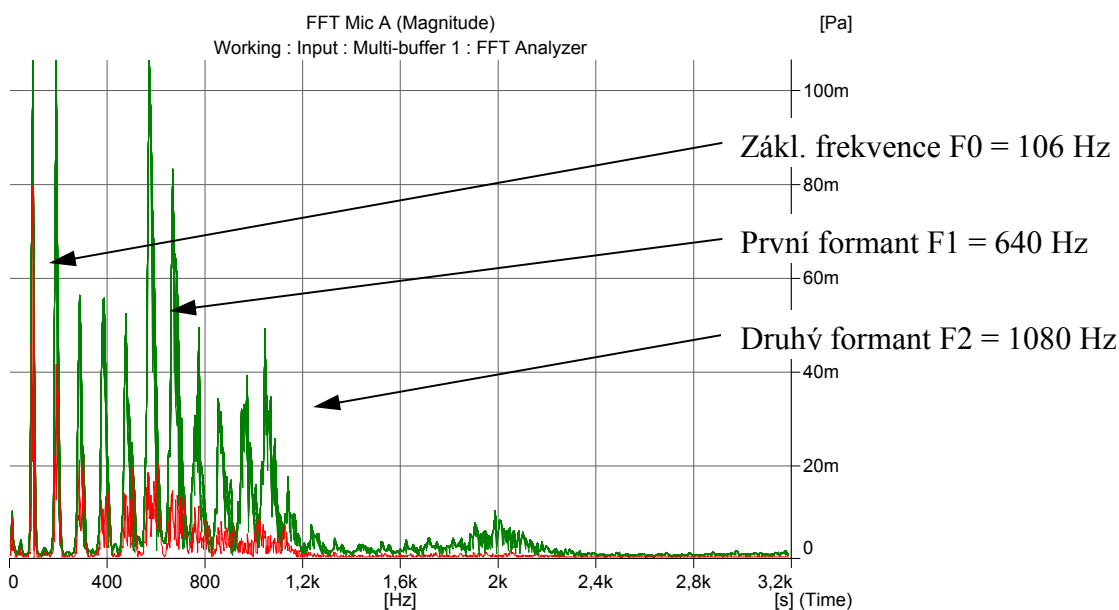
3. Měřicí zařízení

Měřicím zařízením byl produkt firmy Bruel&Kjaer a to konkrétně PULSE, jehož vlastníkem je Ústav mechaniky těles. PULSE LabShop Software je stavěn na operační systém Windows NT a Windows2000, je integrováný s MS® Office a plně podporuje export a následnou postanalýzu v Matlab™ a ME'scopeVES™. K měření byl použit čtyř kanálový analyzátor, který v součinnosti s PULSE LabShop Software umožňuje zpracovávat signály jak v časové a komplexní rovině, tak jako auto-spektra či cross-spektra, měření intenzity, cepstra a mnohé další funkce postprocesingu. Tyto funkce mohou být následně zobrazeny v mnoha variantách zobrazení jež tento systém nabízí a toto není samozřejmě vše.

4. Analýza ladění formantů

Pro tento experiment je nutno formanty předem určit. V našem případě jsme využili systému PULSE pomocí něhož byla provedena spektrální analýza signálu vzniklého vokálním projevem. Průběh spekter určil polohu základní frekvence hlasu dle obr. 2 prvních dvou formantů.

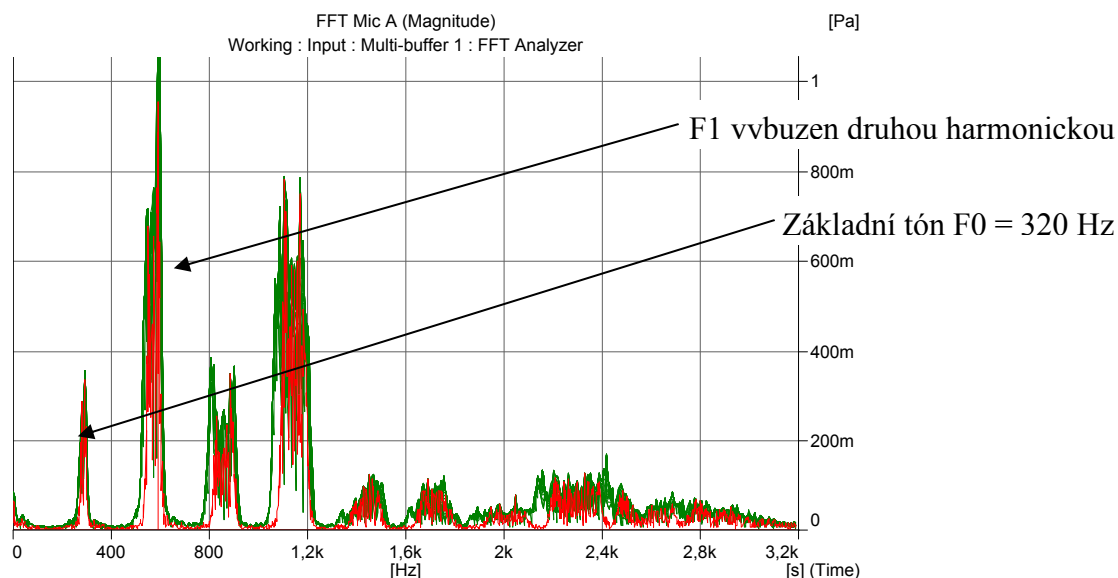
Potom je možno cíleně zvolit základní frekvenci zpívaného tónu tak, aby frekvence některé z harmonických se přesně shodovala s formantem. Tato harmonická je potom velice zvýrazněna, její intenzita je dokonce výrazně vyšší než intenzita základního tónu (viz obr. 3,4,5,6,7). Pokud dojde k tomuto zvýraznění, je jisté, že formant byl určen správně.



Obr. 2: Spektrum pro samohlásku /a/, z kterého určíme základní frekvenci a F1 a F2

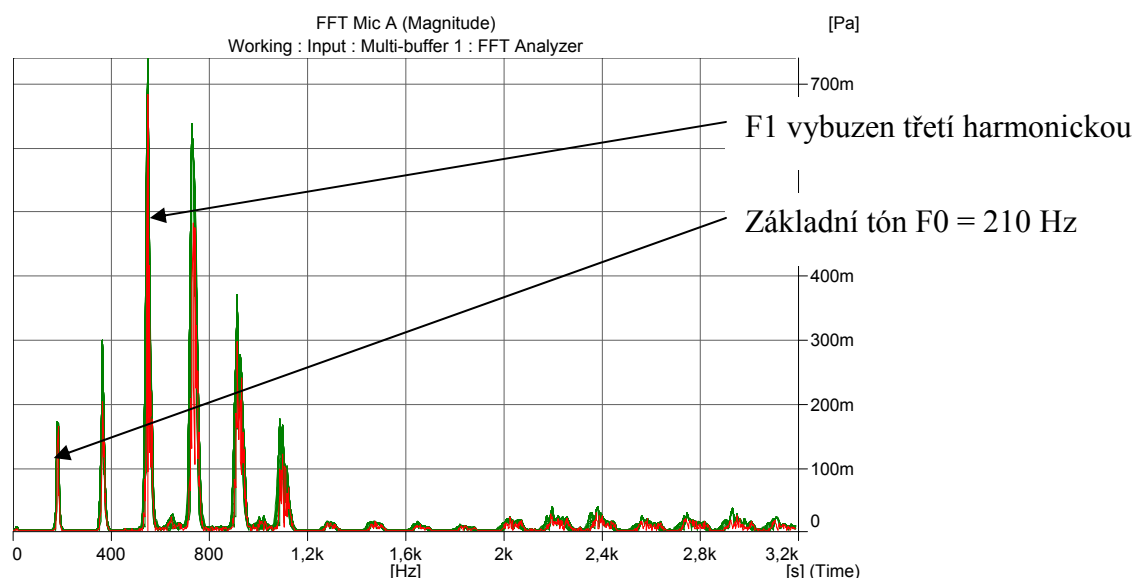
V obr.3 je dobře patrné vybudění prvního formantu druhou harmonickou složkou vokálního projevu a ještě navíc i vybudění druhého formantu čtvrtou harmonickou

složkou. Amplitudy u těchto zvýrazněných složek jsou, jak teorie předpokládá, větší než amplituda základního tónu.



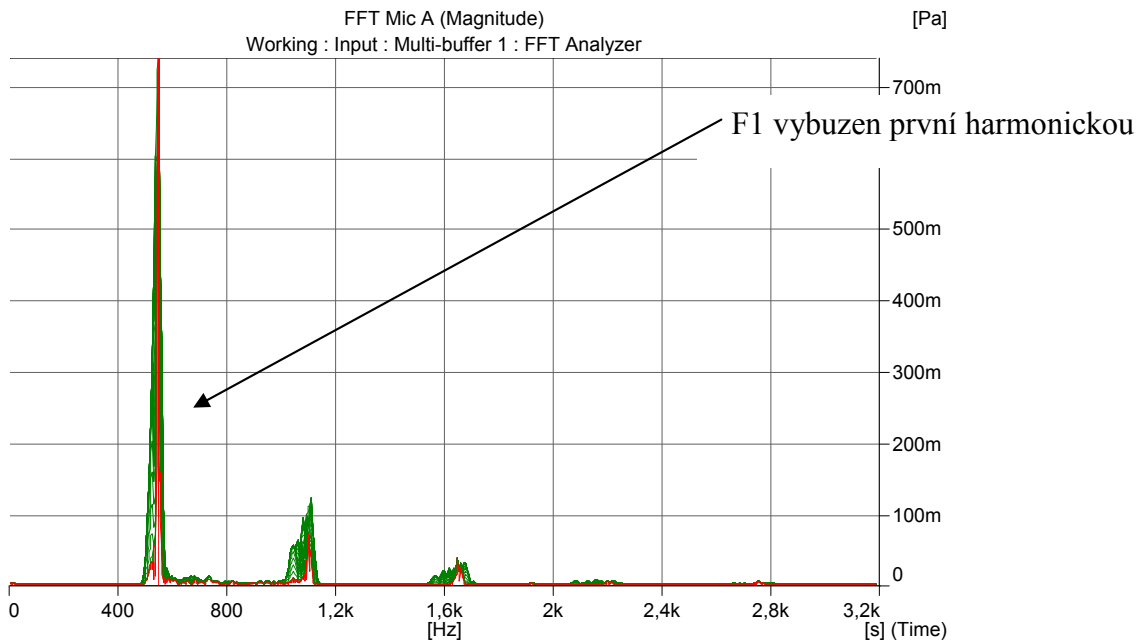
Obr. 3: F1 vzbuzen druhou harmonickou u samohlásky /a/

Obr.4 je spektrum vokálního projevu se základním tónem o frekvenci 210 Hz, to způsobí vzbuzení F1 třetí harmonickou složkou.



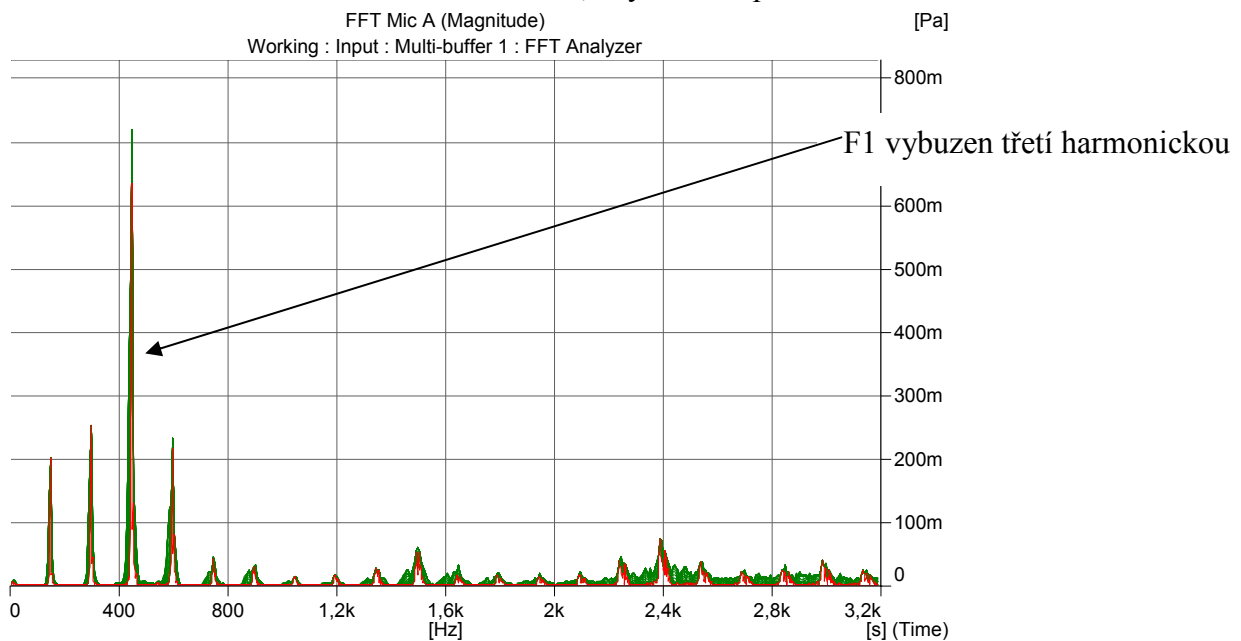
Obr. 4: F1 vzbuzen třetí harmonickou na samohlásku /a/

Jelikož zpěvák, který nám sloužil jako zdroj vokálního projevu, je barytonista tak svým normálním rozsahem nedokáže dosáhnout tak vysokého tónu, aby způsobil vzbuzení F1 první harmonickou nebo-li základním tónem. Proto aby k vzbuzení došlo musel použít takz. Falseto neboli hlavový rejstřík. Výsledkem falseta o základní frekvenci $F_0 = 600$ Hz je spektrum v obr. 5.



Obr. 5: F1 vybuzen první harmonickou zpívanou u samohlásky /a/

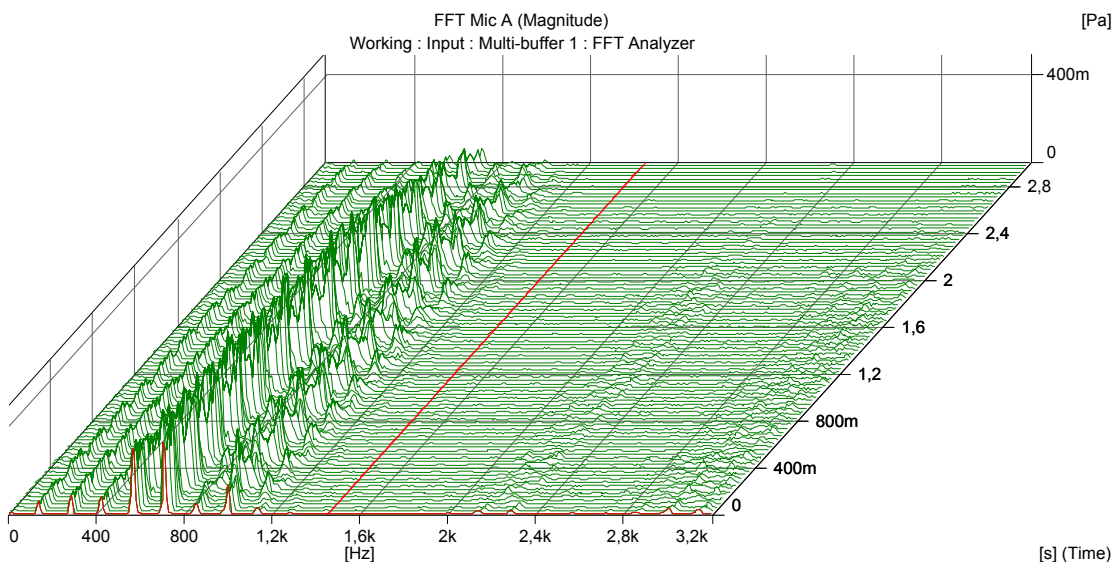
Na následujícím obrázku číslo 6 je opět vybuzení F1 třetí harmonickou složkou, ale už ne na vokál /a/ ale na /e/. Jak je patrné, změnila se poloha prvního formantu oproti /a/ a musela se změnit velikost základní frekvence, aby došlo k požadovaného efektu.



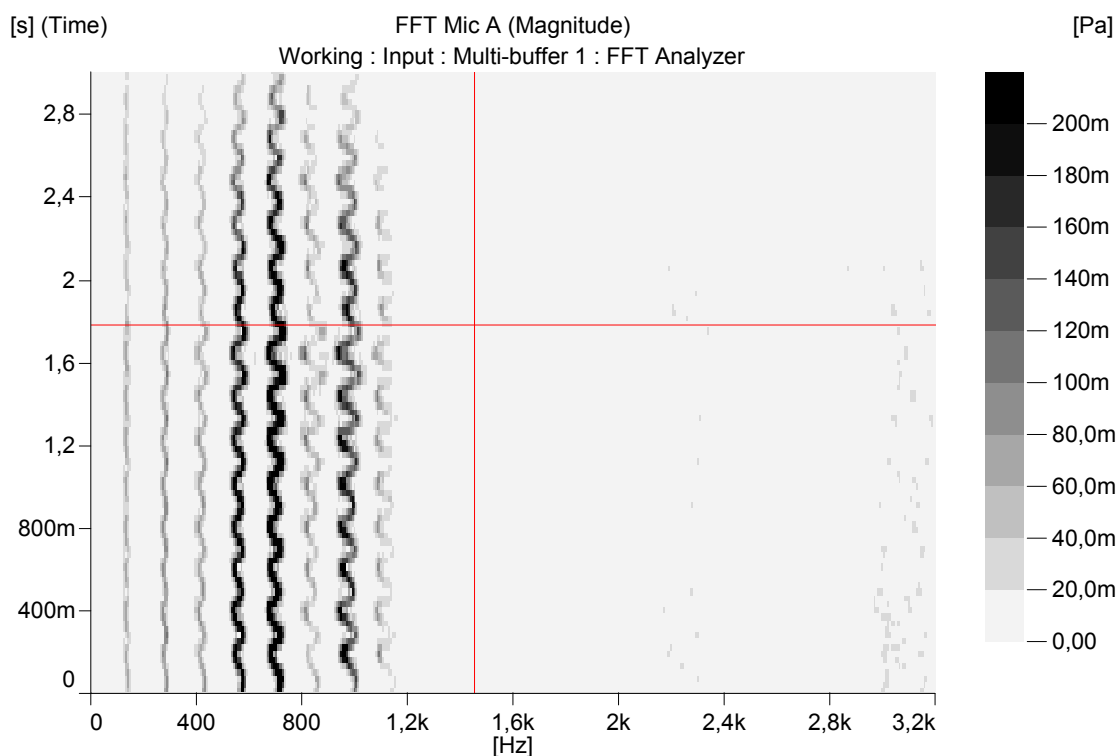
Obr. 6: F1 vybuzen třetí harmonickou u samohlásky /e/

5. Analýza vibráta

Profesionální pěvci využívají při svém zpěvu takz. vibráta, aby svůj vokální projev zvýraznili a přidali mu na barvitosti. Jak vypadá takové spektrum vokálního projevu s vibrátem je patrné na obr. 7 a 8. Čtvrtá a pátá harmonická složka je zvýrazněna formantem F1 a šířka vibráta je kolem 60 Hz. Tento efekt výrazně přispívá barvitosti vokálního projevu.



Obr. 7: Zpěv na vokál /a/ s vibrátem



Obr. 8: Zpěv na vokál /a/ s vibrátem

6. Závěr

Příspěvek je zaměřen na experimentování se zpěvem. Zabývá se takz. buzením formantů u mužského školeného hlasu a na používání vibráta.

Při buzení formantů se podařilo vybudit první formant při jednotlivých realizacích měření druhou a třetí harmonickou složkou, první jenom při zpěvu falzeta, jelikož pěvcův normální rozsah to neumožňoval.

Ukazuje se, že formanty lze budit harmonickými složkami při měnící se základní frekvence (tónu) hlasu. Tato možnost je ovšem přístupná pouze u mužských hlasů s nízkými základními tóny a pokud jsou frekvenčně pod příslušným formantem.

Stejně tak bylo možno zvýraznit vyšší formanty F₂, F₃ při generování příslušné samohlásky.

Experiment lze ovšem definovat i obráceně. Konkrétní samohlásku lze generovat i změnou nastavení ústní dutiny, přičemž dochází v jistém frekvenčním rozmezí k posouvání jednotlivých formantů. Zpěvák při zpívání konkrétní samohlásky při daném tónu může nastavit vokální kavitu tak, že posune příslušný formant (především první) do některé harmonické složky. Pak dochází ke zvýraznění příslušného formantu a také harmonické složky. Této skutečnosti zkušební zpěváci dokáží v jisté míře využívat.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení grantových projektů GA ČR č. 106/98/K019 a názvu „Matematicko – fyzikální modelování vibroakustických systémů v biomechanice hlasu a sluchu se zaměřením na vývoj náhradních materiálů a protéz“ vědecko-výzkumného záměru CEZ: MSN 2600001

Literatura

- [1] Bruel&Kjaer(2001) Sound & Vibration Catalogue, Bruel&Kjaer
- [2] MIŠUN, V.: Research on Resonance Cavities in the Voice Biomechanics, Coll. Interaction and Feedback '98, 1998, Praha
- [3] MIŠUN, V. Modelling and analysis of the human vocal cavities, Proc. *Int. Conf EMBEC*, 1999, Vídeň
- [4] MIŠUN, V. (2001) The influence of the glottal aperture on the resonance properties of the vocal tract, Proc. 5th Inter. Workshop Advances in Quantitative Laryngoscopy, Voice and Speech Research, Groningen, Holandsko.
- [5] HOSTIČKA, P., MIŠUN, V.: Experimentální určování polohy formantů při různém vokálním projevu, Interaction and Feedback '2001, Praha, Institute of Thermomechanics AS CR, ISBN 80-85918-69-2, p. 63-68
- [6] JANOVSÝ, P.: Experimentální určení polohy formantů při zpěvu jednoho tónu, při zpěvu Glissanda a ladění formantů, Interaction and Feedback '2001, Praha, Institute of Thermomechanics AS CR, ISBN 80-85918-69-2, p. 73-80
- [7] Švec, J. G. (2000) Fyziologická akustika zpěvného hlasu: Nový pohled na starý problém, 60. Akust. Seminář & 36. Akust. Konference, Kouty