

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Simulace nelineárního zvukového efektu
Jméno autora:	František Divecký
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra radioelektroniky
Oponent práce:	Ing. Antonín Novák, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Université du Maine, Le Mans, Francie

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Nelineární systémy jsou obecně náročné téma. Během studií se s nelineárními systémy studenti bakalářských studijních oborů nemají příliš možnost setkat, natož jejich teorii důkladně prostudovat. Z tohoto úhlu pohledu se jedná o náročnou problematiku. Na druhou stranu zadání vyžaduje pouze seznámení se s problematikou a aplikaci již existující metody. Proto považují toto zadání na úrovni bakalářské práce za průměrně náročné.	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
V zadání je po studentovi žádáno seznámit se s problematikou nelineárních systémů, vybranou metodu aplikovat na studentem zvoleném nelineárním zařízení a následně provést simulaci a ověření. Student všechny body zadání ve své práci splnil, nicméně ke každé části realizace by měl menší výhrady.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup řešení by vzhledem ke složitosti problému mohl být náročnější, nicméně na úrovni bakalářské práce jej považují za správný. Zvolená metoda není na daný typ nelineárního zařízení příliš vhodná, nicméně složitost jiných vhodnějších metod je nad rámec bakalářské práce. Postup dle zadání, tedy studium systému, volba metody a simulace správný je.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student během bakalářské práce nastudoval problematiku nelineárních systémů, aplikoval vybranou metodu a naprogramoval nelineární efekt jenž dále proměřil. Ve všech bodech bylo třeba odborných znalostí na úrovni bakalářské práce jež student uplatnil. Na druhou stranu, ve všech těchto bodech mohl student jít více do detailu, prostudovat i jiné metody a neúplnou funkčnost obou použitých modelů více prostudovat.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po formální stránce bych vytknul pouze nezarovnané čísla rovnic ke kraji stránky. Rozsah práce je dostatečný.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	D - uspokojivě
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Výběr zdrojů je adekvátní zadání a rozsahu práce. Citační normy v seznamu použité literatury však nejsou dodrženy. Např. Odkazy [1] a [2] jsou ze stejné konference nicméně jejich formát je značně odlišný, u odkazů [3], [5], [6] a [9] chybí rok. Publikace [3] nebyla publikována v NDT&E ale v IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Student v úvodu své práce podává stručný úvod do nelineárních systémů a seznamuje čtenáře se zamýšleným postupem. Ve druhé kapitole je prezentován souhrn existujících metod vhodných k identifikaci nelineárních systému. V tomto výčtu je však zmíněna pouze skupina modelů odvozených od Volterrových řad, jiné metody založené např. na neuronových sítích, hybridních genetických algoritmech, Kalmanových filtrech, či modelech NARMAX a mnohých jiných nejsou zmíněny.

Ve třetí kapitole je vybraná metoda z literatury [3] stručně představena. Rovnice (6) je z literatury opsána chybně. Na konci kapitoly 3 autor zmiňuje že nevýhodou metody je výpočetní náročnost při vyšším řádu modelu. Tato informace však není správná, výpočetní náročnost metody swept-sine na volbě řádu téměř nezávisí. Výpočetní náročnost roste s řádem u použitého modelu Generalized Hammerstein jenž je s metodou swept-sine spjat, nicméně v porovnání s ostatními metodami, např. Volterrovy řady, je Generalized Hammerstein model stále mnohem méně výpočetně náročný.

Čtvrtá kapitola nazvaná „Whitebox modelování“ představuje konkrétní zvolený efekt (kytarový efekt Tube Screamer). Vzhledem k názvu kapitoly by bylo vhodné uvést co to Whitebox modelování je.

V páté kapitole je popsána realizace obou modelů (Hammerstein a whitebox) v Matlabu. Zde bych měl zásadní připomínku k volbě počtu harmonických jenž je zvolen 21. Při zvoleném rozsahu přelaďovaného sinu od 10 Hz do 6 kHz by bylo pro dodržení nelineární Nyquistové podmínky zapotřebí vzorkovací frekvence $2 \cdot 21 \cdot 6 \text{ kHz} = 252 \text{ kHz}$. Vzorkovací kmitočet je však zvolen 96 kHz, nelineární Nyquistova podmínka tak není dodržena.

V kapitole Měření, ve které jsou představeny výsledky a porovnání modelů, autor zmiňuje že největším rozdílem mezi signály z whitebox modelu a z Hammersteinova modelu je absence sudých harmonických složek. Ty jsou však u Hammersteinova modelu natolik nízké že nemohou být původem takového rozdílu jenž vidíme v časové oblasti. Jednoduchým odebráním sudých větví z Hammersteinova modelu autor mohl ověřit neplatnost svého tvrzení. Porovnáním spekter výstupu z whitebox modelu a naměřeného signálu zjistíme že např. první harmonická je o 5dB vyšší u whitebox modelu. Taktéž fáze všech harmonických je značně odlišná. Důvodem nepřesnosti whitebox modelu tak rozhodně není absence sudých harmonických.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student splnil zadání práce, nicméně práce obsahuje několik chyb a nedostatků. Metoda založená na modelu Generalized Hammerstein dává dobré výsledky pro jednu konkrétní amplitudu ale nikoliv pro amplitudy nižší. Tento problém je diskutován v literatuře [4]. Autor mohl v práci lépe vysvětlit důvody tohoto chování a nastínit vlastní návrh řešení. Implementace metodou whitebox dává rozdílné výsledky od originálního efektu. Tento rozdíl mohl student lépe klasifikovat, např. studiem chování na různých kmitočtech či amplitudách s cílem detekovat který blok v modelu whitebox je za nepřesnosti zodpovědný. Práce je obecně dobře čitelná a srozumitelná, splňuje zadání, ovšem student mohl jít v mnoha aspektech více do detailu.

Z výše uvedených důvodů předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**

Dotazy:

- 1) Vysvětlíte co je to Nyquistův vzorkovací teorém (někdy též Shannonův nebo Kotělnikovův teorém) a vysvětlíte jak se změní při aplikaci na nelineární systémy.
- 2) Jak se projeví přítomnost sudých harmonických složek na tvaru signálu v časové oblasti ?
- 3) Metoda založená na přelaďovaném sinu, jenž jste v práci použil, umožní získat po dekonvoluci s tzv. inverzním filtrem posloupnost impulzních odezev vyšších řádu jenž jsou od sebe časově odděleny a je tedy možné od sebe odseparovat. Popiště jak by se daný problém změnil kdyby se směr přelaďování otočil, tedy přelaďovaný sinus by klesal, tj. začínal na vysokých frekvencích a končil na nízkých.

Datum: 21.1.2016