

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Teoretický model elektrostatického mikrofonu s nelinearitou</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Jan Plaček</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra radioelektroniky
<b>Oponent práce:</b>	doc. Ing. Milan Červenka, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra fyziky, FEL ČVUT

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Předložená diplomová práce má několik částí, tu, v níž je vytvořen analytický model elektrostatického mikrofonu, lze bezpochyby označit za náročnější, a to s ohledem na komplexnost modelu.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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>	
Předložená diplomová práce splňuje zadání.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
V rámci diplomové práce jsou nejdříve shrnuty výchozí vztahy pro modelování elektrostatického měniče, pomocí nich je následně za použití rozumných zjednodušujících předpokladů odvozen analytický lineární model konkrétní realizace elektrostatického mikrofonu. Analytický model je validován porovnáním s detailním numerickým modelem. Dále je v práci diskutován jednoduchý způsob zavedení elektrostatické nelinearity do modelu. Teoretické výsledky jsou v závěru práce porovnány s experimentálními daty, přičemž je dosaženo rozumné shody. Uvedenému postupu není vcelku co vytknout. Nicméně, student mohl pomocí jím vytvořeného modelu snadno provést parametrickou studii, pomocí níž by prozkoumal závislost vlastností mikrofonu na jeho geometrických parametrech, a tím demonstroval užitečnost modelu.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Jak již bylo výše zmíněno, vytvořený matematický model měniče je dosti komplexní, a při jeho sestavování a následné implementaci student prokázal nemalou míru odbornosti. Na druhou stranu lze této závěrečné práci vytknout jistou nedůslednost, zejména při popisu použitých veličin a symbolů, ty jsou často buď ponechány bez vysvětlení, anebo jsou komentovány až daleko za místem prvního použití. Příklady: co je $h_g$ ve vztahu (2.2), co je $v$ a $\tau$ v rovnicích (2.11) a (2.12), co je $T$ a $K$ v rovnici (2.34), atp. Také je asi zbytečné v diplomové práci sdělovat, v jakých vědních odvětvích se používá numerické modelování (odstavec 2.3.1). Zarážející je např. obrázek 3.15 demonstrující harmonické zkreslení (odchylku od harmonického průběhu) výstupního napětí mikrofonu. Signál je vzorkován tak nízkým kmitočtem, že původně harmonický signál je reprezentován lomenou čarou.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Diplomová práce je vysázena v LaTeXu, po grafické stránce jí není co vytknout. Po jazykové stránce je to horší, student v práci používá formulace typu „díra“ místo otvor, „když zvukové vlny zasáhnou“, „definuje se pomocí Taylorova rozvoje“, „Pascal“ u jednotky tlaku (píše se s malým p), „u které ho platí“, „složky tvořící tlakového pole“, „z rovnic“, „metoda konečných rozdílů“ (místo diferencí), „čím jemnější mesh“, „s modelem vypočítaný numerickou“, vliv „limitních“ vrstev	

(místo mezních), „třetí harmonická složka nesedí na žádné frekvenci“, atd. Jednotky v tabulkách 2.1 a 2.2 a symbol pro imaginární jednotku jsou vysázeny kurzívou. Některé obrázky jsou popsány anglicky.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**C - dobře**

*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.*

Použité zdroje jsou vybrány vhodně, pár věcí však vytknout lze. U zdrojů [1] a [7] by mohlo být uvedeno, že se jedná o bakalářskou a dizertační práci. U zdroje [12] je prohozeno křestní jméno a příjmení první autorky. Odkaz u zdroje [10] vede na zdroj [5]. Jako referenční odkaz k simulačnímu balíku COMSOL Multiphysics je uvedeno 13ti minutové video (namísto referenční příručky).

**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.*

Jak jsem již výše zmínil, práce má celkově dobrou úroveň, matematický model mikrofonu je velmi komplexní, je dosažena dobrá shoda s numerickým modelem a rozumná shoda s experimentem. Je jen škoda, že matematický model nebyl použit k prozkoumání vlivu parametrů mikrofonu na jeho vlastnosti.

**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.*

Předložená diplomová práce představuje komplexní model elektrostatického mikrofonu, jeho numerické a experimentální ověření, a jako taková tvoří logický celek. Za nejsilnější stránku práce považuji odvození analytického modelu konkrétní realizace elektrostatického mikrofonu, který může být užitečnou pomůckou ke studiu a optimalizaci jeho vlastností.

**Otázky:**

1. V odstavci 2.3.3 se píše, že numerické simulace byly provedeny pomocí implementace příslušných rovnic do COMSOLu, dodané vedoucím práce. Nicméně, tyto výpočty by šlo snadno standardní cestou realizovat pomocí rozhraní Thermoviscous Acoustics akustického modulu COMSOLu. Proč nebyl použit tento postup?
2. V odstavci 2.4.1 se píše, že při jemném dělení výpočetní sítě může výpočet trvat dny až týdny. To je i případ výpočtů provedených na sítích z obrázků 2.4 a 2.5? Jakou dobu trvaly příslušné výpočty?
3. V odstavci 2.5 se píše, že dalším zdrojem nelinearity mohou být „extrémně vysoké tlaky v dutině mezi elektrodami“. Co je zdrojem těchto tlaků? Dosahují tyto tlaky vyšších hodnot než tlak před membránou mikrofonu?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 10.6.2024

Podpis: