

## " Senzory bezpečnostních systémů na bázi elektromagnetického záření"

### **1. Téma , obsah a struktura práce .**

Základem disertační práce je pochopení základních principů senzorů bezpečnostních systémů, zejména PIR detektorů. Bez detailní znalosti těchto principů by nebylo možné navrhnout vhodný matematický model a sestavit pracoviště pro měření PIR detektorů. Součástí práce je dobře zpracovaný rozsáhlý přehled a rozdělení senzorů IČ záření, s vysvětlením rozdílných principů a jejich možného nasazení při řešení cílů práce. Tato problematika je rozebírána od třetí do deváté kapitoly a stručně i v úvodu práce.

Předložená disertační představuje netradiční a ucelený pohled k tomuto tématu. Je napsána s dostatečným nadhledem a potvrzuje vynikající kvalifikaci autora v dané oblasti.

Nezanedbatelnou částí práce je rozsáhlý seznam referencí a publikací, z nich je autor disertační práce uveden jako hlavní autor nebo spoluautor. Řada z autorových prací byla v průběhu posledních let presentována na mezinárodních konferencích. Lze tedy uzavřít tuto první část posudku s tím, že předložená disertační práce shrnuje podstatné vědecké aktivity autora v problematice senzorů na bázi elektromagnetického záření. Většina těchto aktivit byla řádně publikována a prošla kritickým pohledem zainteresované vědecké komunity.

### **2. Celkový přínos práce a hlavní dosažené výsledky**

#### **Za hlavní dosažené výsledky považují:**

- Práce předkládá problematiku senzorů na bázi elektromagnetického záření na dostatečně široké základně popisu a s dostatečnou šíří použití metod fyzikálních metod souvisejících s problematikou elektromagnetického pole v oblasti IČ záření. Hlavním cílem práce byl nejen teoretický popis IČ záření ale i vytvoření pracoviště pro jeho měření. Důležitým podcílem DP byl návrh matematického modelu ohřevu tělesa pro popis rozložení teploty v ohřívaném senzoru. Disertant si stanovil náročné ale přitom splnitelné cíle.

Ve výkladové části kapitol je řada vlastních autorových konstrukcí, (které nelze všechny zde vycitovat), ale které prohlubují jak odpovědi na teoretické, tak i aplikační otázky položené v oblasti senzorů na bázi elektromagnetického záření.

- Práce obsahuje řadu fyzikálních principů, které demonstrují kvalitu jednotlivých senzorů.
- Důležité praktické výsledky práce jsou popsány zejména v kapitole 8 a 9. Bylo navrženo vhodné uspořádání měřícího pracoviště pro měření PIR detektorů.

V jednotlivých dílčích zvěrech na konci kapitol jsou vhodně zhodnoceny použité metody měření. Přínosné jsou zejména simulace rozložení teploty a hustoty tepelného toku na povrchu pyro.

### 3. **Připomínky k obsahu práce**

#### A. **Připomínky k obsahu práce:**

Přestože disertační práce obsahuje velice zdařilý přehled základních principů senzorů na bázi elektromagnetického záření, je zde cítit i patrný problém současné fyziky s vysvětlením „vírové“ struktury světla (vortex optics). To souvisí s obr.27, kde není uveden odkaz na zdroj tohoto obrázku, neboť pro větší vzdálenosti od zdroje záření již není fázový posun  $\pi/2$ . Klíčovým problémem je, že současná fyzika neumí vysvětlit co se vlastně takto vlní (tento obr.27 je pouze matematická abstrakce). Tato všeobecná fyzikální neznalost struktury elektromagnetického záření neumožňuje plně využít některé nové poznatky z oblasti nanotechlogií (např. závislost vodivosti grafenu na úhlu osvětlení atd.).

#### B. **Připomínky věcné (podle stránek a řádků textu):**

V práci je pouze několik drobných chyb. Jinak je práce po gramatické a logické stránce napsána ve vysoké kvalitě. Práce obsahuje řadu vhodně zvolených barevných obrázků.

#### C. **Otázky pro disertanta k obhajobě práce:**


1) Jak se mění fáze elektromagnetického záření v závislosti od zdroje při jeho šíření?

#### D. **Závěr**

Na základě hodnocení práce jako celku a hodnocení dílčích dosažených výsledků (uvedených v jednotlivých kapitolách), považuji práci za pozitivní přínos k problematice senzorů na bázi elektromagnetického záření. Z odborných prací Ing.Rudolfa Drgy, a na základě přehledu publikační činnosti potvrzuji jeho vědeckou erudici a tvůrčí schopnost ve výzkumné i vědecké oblasti.

Na základě výše uvedených skutečností **doporučuji** předloženou disertační práci Ing.Rudolfa Drgy k obhajobě.

V Brně dne 27. září 2013.

  
prof. Ing. Pavel Ošmera, CSc.  
Ústav automatizace a informatiky  
Fakulta strojního inženýrství  
Technická 2, 616 69 Brno

doc. Ing. Ondrej Líška, CSc.  
Katedra automatizácie, riadenia a komunikačných rozhraní  
Strojnícka fakulta  
Technická univerzita v Košiciach  
Letná 9  
042 00 Košice  
E-mail: [ondrej.liska@tuke.sk](mailto:ondrej.liska@tuke.sk)

## OPONENTSKÝ POSUDEK dizertačnej práce

Téma práce : **Senzory bezpečnostných systémů na bázi elektromagnetického zařetí**  
Autor : **Ing. Rudolf Drga**  
Obor : **Inženýrská informatika**  
Pracovisko : **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky**

Oponentský posudok som vypracoval na základe menovania dekanom Fakulty aplikovanej informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně zo dňa 17. 9. 2013.

Ing. Drga sa v svojej dizertačnej práci zaoberá návrhom a realizáciou testovacieho zariadenia pre presnú identifikáciu elektronických bezpečnostných systémov. Experimentálnej časti práce predchádzala študijná, analytická a simulačná fáza. Reálne zariadenie je postavené variabilne a je využiteľné pre meranie iných systémov bezpečnostných technológií.

Predložená dizertačná práca obsahuje 144 strán textu s prílohami a je rozdelená do desiatich kapitol vrátane záveru.

V prvej časti práce sa dizertant venoval popisu súčasného stavu riešenej problematiky najmä rozdeleniu, popisu, výhodám a nevýhodám (z hľadiska praktického použitia) jednotlivých senzorov infračerveného žiarenia. Na základe teoretického rozboru je v druhej časti navrhnutý matematický model ohrevu senzorov radiáciou, ktorý umožňuje popísať rozloženie teploty v ohrievanom senzore. Simuláciou (v prostredí COMSOL Multiphysics) získane dáta o chovaní sa pyroelementu (priebeh teplotných polí a hustota tepelného toku) pre rôzne vzdialenosti boli následne porovnané s výsledkami získanými riešením modelu (v prostredí Maple). Z nich vyplynula primeraná zhodnosť teplotných polí pyroelementu. Z hľadiska prínosov je významná najmä tretia – experimentálna - časť práce. Vytvorenie experimentálnych pracovísk umožňuje meranie a výskum zdrojov IČ žiarenia a príslušných senzorov. Ťažiskom práce je vytvorenie testovacieho pracoviska pre PIR detektory vo vzdialenej oblasti IČ. Je realizované pracovisko vyššej generácie, ktoré vzniklo postupným vylepšovaním v hardvérovej aj v softvérovej oblasti. Pracovisko je možné ďalej upravovať a využiť aj v širšom rozsahu aplikácií.

V zozname literatúry je uvedených 47 položiek a v zvlášť uvedenom zozname prac autora je 32 vedeckých publikácií (7 ostatných publikácií), z toho jedná publikácia v impaktovanom časopise. V jedenástich prípadoch je Ing. Drga prvým autorom. Dizertant bol riešiteľom viacerých projektov. Kladne hodnotím, že zoznam jeho publikácií výrazne prekračuje obvyklý počet.

### Aktuálnosť témy

Tému práce považujem za vysoko aktuálnu. Na trhu je v súčasnom období množstvo produktov bezpečnostných technológií, ktoré vykazujú rôzne technické parametre. Štúdia vykonané dizertantom ukázali na potrebu širšieho teoretického rozboru jednotlivých systémov.

Prínosom v tejto oblasti je verifikovaný matematický model. Z hľadiska aktuálnosti je hodnotné testovacie pracovisko pre PIR detektory s možnosťou jeho rozšírenia na iné senzory. Dizertačná práca poukazuje na vhodnosť a súčasne nutnosť spojenia matematického a experimentálneho prístupu pri ďalšom výskume v oblasti senzorov IČ žiarenia. Požiadavka na vytvorenie lepších edukačných podmienok na pochopenie problematiky IČ žiarenia a najmä pokročilých testovacích technológií, je vzhľadom na zameranie školiaceho pracoviska, rovnako aktuálna.

### **Splnenie cieľa**

Hlavným cieľom predloženej dizertačnej práce je návrh a realizácia pracoviska na meranie IČ žiarenia a testovacieho zariadenia pre PIR detektory pričom boli využitý vytvorený a odsimulovaný matematický model ohrevu telesa radiáciou. Vybudované pracovisko má slúžiť pre ďalší výskum v oblasti senzorov IČ žiarenia a tiež pre potreby výučby (pre lepšie pochopenie problematiky IČ žiarenia a najmä pokročilých testovacích technológií). Po oboznámení sa s výsledkami práce som presvedčený, že ciele práce boli splnené a pre riešenie boli použité vhodné postupy a metódy.

### **Zvolené metódy spracovania**

V prvej časti práce je vykonaná analýza súčasného stavu. Kvantitatívny popis IČ žiarenia v teoretickej časti práce je podkladom pre vytvorenie matematického modelu. Analýza fyzikálnych princípov, popis výhod a nevýhod (z hľadiska praktického použitia) je prvým vstupom k návrhu testovacieho pracoviska. Na riešenie matematického modelu, ktorý vyplynul zo známych teoretických princípov, je vhodne použitý program Maple. Výsledkom sú teplotné polia (3D a 2D). Využitie prostredia COMSOL Multiphysics na simuláciu a následne overenie rozloženia teploty a hustoty tepelného toku na povrchu pyroelementu vo rôznych vzdialenostiach od detektoru je rovnako vhodné.

Vytvorenie experimentálneho pracoviska, ako rozhodujúceho výstupu dizertačnej práce, si vyžiadalo prieskum podobných pracovísk a zariadení využiteľných pre meranie IČ senzorov. Vzhľadom na originalnosť bolo pracoviska vyvíjané postupne po hardvérovej aj softvérovej stránke.

Zvolené metódy spracovania považujem za vhodné, sú v súlade s modernými trendami a svedčia o odbornej erudícii autora.

### **Význam práce pre prax, prínosy práce**

Význam predloženej práce pre prax je značný. Výsledkom práce je ukážka tvorby matematického modelu ohrevu senzorov radiáciou a jeho verifikácia. Rozhodujúcim prínosom pre prax je najmä vytvorenie funkčného originálneho pracoviska na testovanie PIR senzorov, ktoré je využiteľné aj pre identifikáciu ďalších elektronických bezpečnostných systémov.

### **Formálna a jazyková úroveň**

Po formálnej stránke možno konštatovať, že práca je členená prehľadne, návaznosť jednotlivých kapitol má logickú štruktúru.

Bol vykonaný rozbor riešenej problematiky na základe literárnych prameňov. Grafické spracovanie textu aj obrázkov je na primeranej úrovni.

Drobné formálne nedostatky (napr. zapakovanie vety str. 122, prostredie „surphace“ namiesto „surface“ na str. 49, citácia literatúry [52] na str. 49, ktorá sa v zozname nenachádza, str. 122 štvrtý riadok od spodku – „vzdialenosť 1 od detektoru“ a pod) neznižujú úroveň práce.

### **Pripomienky**

Je zrejme, že autor je zvyknutý sa jasne a kultivovane vyjadrovať a formulovať technické problémy, svedčí o tom veľký počet publikácií na ktorých sa autor podieľal. Napriek tomu mám

k práci niekoľko pripomienok:

- V kapitole 2, ktorá obsahujúca popis súčasného stavu riešenej problematiky by som si predstavoval širšiu citáciu literárnych a iných zdrojov (je tam tiež niekoľko autocitácií a aj citácia bakalárskej práce). Zhodnotenie literárnej štúdie mohlo byť „rozšírenejšie“.
- Dizertant pracou preukázal znalosti súčasného stavu meracích pracovísk v príslušnej oblasti avšak žiadalo by sa ich v práci (najmä z pohľadu prednosti a nedostatkov) bližšie komentovať.
- Porovnanie výsledkov teoretických a simulačných na str. 62 komentuje zhodnosť výstupov, ktorá je dokazovaná obr. 45 na str. 61 a obr. 46 na str. 62. Pre lepšiu vizualizáciu výsledkov by bolo vhodnejšie vytvoriť jeden obrázok a zhodnosť by bolo možné vyjadriť aj exaktnejšie.
- Na str. 63 je vykonaný vstup k experimentálnej časti práce. Pre lepšie vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov – testovacieho pracoviska senzorov - by bolo vhodné presnejšie stanoviť ciele (výstupy merania, požadované presnosti, parazitné vplyvy a ich odstránenie, ekonomické a iné požiadavky).
- Samotný popis návrhu a realizácie hardvérových prvkov pracovísk je pomerne podrobný a niekedy aj podrobnejší ako sa vyžaduje. Obdobným spôsobom by bolo možné komentovať aj popis softvérového riešenia pracoviska.

#### Otázky:

1. Pri meraní (testovaní) pôsobia rôzne parazitné vplyvy. Aká je spoľahlivosť PIR detektorov pri vyšších teplotách okolia? Aký bol vplyv tohto javu pri testovaní PIR detektorov na Vami vybudovanom IČ pracovisku?
2. Aká je väzba medzi realizovanými pracoviskami (pre blízku, strednú a vzdialenú oblasť vlnových dĺžok)?
3. Podľa predloženej práce je možné na vyvinutom pracovisku testovať aj ďalšie IČ senzory. Existujú určité obmedzenia?

#### Záverčné hodnotenie

Autor presvedčil, že ovláda vedecké metódy práce pri riešení konkrétnej úlohy, preukázal teoretické znalosti ale predovšetkým schopnosti pri vývoji originálneho systému. Ukázal schopnosť spojenia teoretických a praktických poznatkov z rôznych oblastí. Vytvorenie originálneho pracoviska na testovanie elektronických bezpečnostných systémov umožní posunúť výskum bezpečnostných technológií do exaktnejších polôh. Nezanedbateľný je aj prínos práce pre edukačné ciele.

Dizertačná práca pána Ing. Rudolfa Drgu je spracovaná na veľmi dobrej odbornej úrovni. Prináša nové poznatky, ukazuje na jeho odborné schopnosti i spôsobilosť k samostatnej tvorčej vedeckej práci. Veľmi kladne hodnotím fakt, že dizertačná práca preukazuje schopnosť dizertanta využiť teoretické poznatky pri tvorbe originálneho zariadenia.

Podľa môjho názoru tato práca aj napriek niektorým pripomienkam splňuje zákonné podmienky pre doktorské konanie a preto práci

**d o p o r u č u j e m k o b h a j o b e .**

V Košiciach 26. 9. 2013

doc. Ing. Ondrej Líška, CSc.

# Oponentní posudek disertační práce

Zpracoval: Prof. Ing. Karel Vlček, CSc.

Ústav počítačových a komunikačních systémů  
FAI, UTB ve Zlíně

## 1. Splňuje disertační práce požadavky aktuálnosti z hlediska současného stavu vědy?

Předložená disertační práce »Senzory bezpečnostních systémů na bázi elektromagnetického záření«, jejímž autorem je Ing. Rudolf Drga, zahrnuje obšírný rozbor uspořádání senzorů v různých provedeních. Pozornost je věnována i uspořádání měřicích pracovišť. Výsledky práce, ke kterým byl autor inspirován během svého studia i v průběhu svého působení na Fakultě aplikované informatiky vyústily do praktického použití, které je ve shodě s teoretickými poznatky nashromážděnými během studia doktorského studijního programu fakulty.

Práce, které autor publikoval a které již byly zařazeny do plánu publikací v letech 2010 až 2013, včetně podaného patentového spisu, představují prohlubování tematiky směrem k velmi aktuální a žádané oblasti aplikací, jakou představují velmi kvalitní publikace, v renomovaných časopisech a na mezinárodních konferencích. Problematika studia schopnosti vyhodnocovat informaci nesenou elektromagnetickým zářením je významným příspěvkem ke koncipování bezpečnostních systémů, ale směřuje samozřejmě i do oblasti metrologie. Doklady o kvalitě práce Ing. Rudolfa Drgy jsou jeho publikace, které uveřejňoval na workshopech i konferencích i jako časopisecké publikace doma i zahraničí.

Samostatnost a široké spektrum publikovaných prací, které vycházejí ve většině případů z mezioborové problematiky, mne přesvědčuje o autorově samostatnosti a kreativitě. Základní myšlenky řešení jsou středem zájmu jednak kvůli požadavku nových technických přístupů, jednak z důvodu implementace nových technických řešení.

## 2. Rozvržení práce, východiska, původní přínosné části, cíle disertace

Základy teorie jsou uvedeny v obsáhlém úvodu, ve kterém jsou shrnuty principy, které jsou v práci aktuálně používány. Velmi fundovaně je provedena analýza návrhu řešení měřicího pracoviště a je zdůvodněn vliv změn prováděných při optimalizaci struktury navrhovaného řešení. Na základě těchto optimalizačních postupů jsou formulovány cíle disertační práce. Při kategorizaci jednotlivých změn prováděných při optimalizaci autor předpokládá použití nových principů, hodnotí jejich vliv simulačními experimenty a porovnává výsledky experimentů s teoretickými poznatky. Analýzou simulovaných odezev pak autor hodnotí vhodnost optimalizačního procesu.

Důležitou pohnutkou ke stanovení výzkumných cílů práce bylo řešení citlivosti zvolené metody snímání záření a analýzy sledující změny parametrů při optimalizaci systému v technickém provedení a konečně výběr vhodných experimentů. Pozornost při formulování cílů disertační práce je proto správně zaměřena právě tímto směrem. Toto zaměření je při popisu řešení nezbytností, ale je zároveň příležitostí pro formulování technických požadavků za účelem zvýšení kvality signálu na výstupu senzoru v cílové aplikaci. K důležitým cílům disertační práce, který byl splněn a experimentálně potvrzen, patří zavedení metody simulace, která dává srovnatelné výsledky a tím je významná pro praktické užití.

Metodika návrhu řešení pracuje s modelováním. Přesto je při popsání experimentech použití technických prostředků nezbytným řešením, které je jistě přijatelné.

Použití moderních nástrojů simulace pro návrh intenzivně využívá parametrizace modelů. Porovnáním této metody a tradičního postupu je dosaženo vysoce promyšleného uspořádání měřicích pracovišť. Hlavním přínosem je efektivita řešení a jeho relativní nezávislost na implementační bázi. Zvolené řešení je založené na použití mikropočítače, které systému dovoluje značně rozšířit podmínky experimentů a nalézt tak řešení.

### 3. Bylo jádro disertační práce na potřebné úrovni publikováno?

Publikace, uvedené v disertační práci splňují náročná kritéria platná pro mezinárodní forum, vyhovují i požadavkům na hodnocení výzkumných projektů, kterých se autor aktivně zúčastnil. Výčet publikací je uvedený v příložených materiálech i v samotné disertační práci. Ve většině stěžejních prací je uveden princip generování signálů optimálně uspořádané struktury odpovídajících prvků měřicího systému. Srovnáním metody s implementační bázi jsou vyhodnocovány vlastnosti popisu řešení.

Jádro disertační práce je v četných publikacích jasně popsáno: metoda, jejíž popis tvoří podstatnou část zvoleného postupu, která je slučitelná s principy a postupy návrhu specializovaného měřicího systému. Popis implementace a jádro disertační práce jsou uvedeny v té části práce, která se zabývá popisem současného stavu vývoje a použitím metody popisu. Implementace je zde uvedena jen jako doklad účinnosti použité metody návrhu. V centru pozornosti disertace je metoda návrhu a optimalizace provedení systémových prostředků.

#### d) Výsledky experimentů

Na experimentálním zařízení, na kterém byla nová metoda ověřena, jsou zároveň popsány vlivy, které jsou působeny konfigurací snímačů a jejich uspořádáním. Vlastní přínos nového postupu návrhu měřicího systému je prokázán v praktické aplikační oblasti. Postup dalších prací ukazuje možnost optimalizace systémového řešení. Tato oblast řešení je logickým pokračováním rozvoje navržené metody a lze očekávat, že přinese další zajímavé výsledky.

#### e) Závěr

Experimentální část práce shrnuje výsledky. Popis prvků řešení, jejichž chování se během experimentů lišilo od teoretických předpokladů a výsledků simulací je podrobena kritickému rozboru a analyzováno. Ve většině případů se nejedná o podstatné odchylky. Předloženou implementaci je možné považovat v plném rozsahu za potvrzení teoretických výsledků.

Konstatuji, že formální náležitosti práce vyhovují obvyklým požadavkům. Svoji náplní a dosaženými výsledky disertační práce Ing. Rudolf Drga, splňuje ustanovení §47, odst. 4, zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách tím, že prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje. **Doporučuji, aby mu, po úspěšné obhajobě, byl udělen akademický titul "doktor (Ph.D.)".**

Ve Zlíně, dne 20. září, 2013

  
Prof. Ing. Karel Vlček, CSc.  
oponent