

Došlo: 28-07-2020

Č. zázn.: KOM/4975/2020 Pril.:
Č. spisu: Vyb:

Doc. Ing. Mariana Beňová, PhD.

Katedra teoretickej elektrotechniky a biomedicínskeho inžinierstva, FEIT, UNIZA

Oponentský posudok habilitačnej práce Ing. Štefana Borika, PhD.: „Progresívne elektromagnetické metódy pre monitorovanie a modelovanie kardiovaskulárnej činnosti“ a jeho habilitačného konania

Predložená habilitačná práca Ing. Štefan Borika, PhD. sa zameriava na aplikáciu vybraných progresívnych elektromagnetických (EM) metód na neinvazívne monitorovanie činnosti kardiovaskulárneho systému (KVS) a jeho modelovanie. Cieľom tohto monitorovania je najmä získanie informácií o aktuálnom stave KVS, prípadných odchýlok od hodnôt zdravých osôb a včasná i priebežná diagnostika ochorení KVS. Navyše, na základe získaných údajov konkrétneho pacienta, je možné určiť a predikovať zmeny dôležitých parametrov jeho KVS súvisiacich s patologickými zmenami aplikáciou vytvoreného modelu tlakovo-prietokových systémov v arteriálnom systéme. Ochorenia KVS vo svete i u nás vykazujú neustále stúpajúcu tendenciu, t.j. aktuálnosť tejto problematiky je podľa môjho názoru veľmi vysoká. Dokazuje to množstvo vedeckých prác a biomedicínskych aplikácií v tejto oblasti a neutíchajúci záujem odbornej i laickej verejnosti. Spojenie teoretických základov elektrotechniky, najmä teórie elektromagnetizmu, odborných skúseností a ich aplikácia v medicínskej praxi sa ukazuje ako výborný predpoklad pre dosiahnutie unikátnych riešení v diagnostike, terapii a prevencii chorôb človeka.

Habilitačná práca je rozdelená na tri samostatné kapitoly a spolu so stručným Úvodom a Záverom má rozsah cca 100 strán. V jednotlivých kapitolách je na úvodných stranách vysvetlený teoretický princíp konkrétnej špeciálnej EM metódy s následnými aplikáciami v praxi, ktoré boli autorom publikované v príspevkoch v časopisoch, resp. prezentované na svetových významných konferenciách a prezentujú príspevok autora k uvedenej vedecko-výskumnej oblasti.

V prvej kapitole autor predstavuje využitie aktívnej aplikácie vlnenia v optickej oblasti. Úvodné strany kapitoly sú zamerané nielen na vysvetlenie fotopletyzografie (PPG) ako optickej meracej metódy využívanej na sledovanie zmien krvného objemu v cievnom riečisku, ale tiež postupne objasňujú jej základné východiská: vlnové rovnice EM poľa, interakciu medzi svetlom a tkanivom, absorpciu a rozptyl svetla v tkanive a vznik PPG krivky. V závere kapitoly sú uvedené možnosti konkrétneho využitia PPG v praxi, napr. zostrojením vlastného zariadenia a vytvorením vlastnej metodiky autora, kde na základe analýzy získaného PPG signálu je možné zistiť aktuálne informácie o starnutí cievneho stromu, o postihnutí arteriálneho systému rôznymi patológiami alebo o stave autonómneho nervového systému pri reakcii vyšetrovaného subjektu na stres alebo bolesť.

Druhá kapitola je venovaná pasívnemu snímaniu elektrických prejavov kardiovaskulárneho systému. V úvode tejto kapitoly autor stručne oboznamuje s vodivým systémom srdca,

s elektródami pre snímanie biopotenciálov, ich vlastnosťami, náhradnou elektrickou schémou a charakteristikami rozhrania elektróda-koža. Záver kapitoly pojednáva o využití predstavenej metodiky snímania elektrických potenciálov, ktoré súvisia so srdcovou činnosťou, t.j. elektrokardiografii (EKG) s inováciami autora predstavenými v dvoch publikovaných príspevkoch. Pre snímanie EKG navrhol vhodné elektronické zapojenia pre zamedzenie vplyvu vzniku artefaktov a/alebo potlačenie sieťového rušenia a tiež navrhol snímacie kontaktné elektródy založené na nových materiáloch alebo inovatívnom princípe bezkontaktného snímania pomocou kapacitnej väzby. Ich aplikáciou sa spolupodieľal na vývoji inteligentného odevu s textilnými vodivými elektródami pre snímanie EKG. Ďalšou analýzou tvaru krivky EKG napr. predstavenými metódami autora je možné získať informácie o stave jednotlivých častí srdca a o prípadných anomáliách.

Témou tretej kapitoly je modelovanie KVS s využitím elektromechanickej analógie, kde podkladom sú práve získané údaje pomocou EKG alebo PPG spolu s počítačovou simuláciou pre konkrétneho pacienta. V úvodných stranách kapitoly autor stručne uvádza princípy elektromechanickej analógie a model arteriálneho systému založený na tejto analógii. V priložených piatich publikáciách potom predstavuje možnosti takéhoto modelovania tlakovo-prietokových pomerov v arteriálnom systéme prostredníctvom elektromechanickej analógie, napr. možnosť predikcie stavu arteriálneho prúdu pomocou rôznych indexov alebo ďalšou úpravou tvaru tlakovej, resp. napätvej krivky. Takisto je možné naopak skúmať napr. vplyv rozdielneho hematokritu na tlakovo – prietokové pomery v arteriálnom prúde alebo rozšíriť daný model o variabilné segmenty modelujúce prietok krvi v malých artériách a arteriolách pre väčšie priblíženie s realitou. V neposlednom rade je model zaujímavý ako výučbový nástroj pre aplikáciu metód analýzy elektrických obvodov akými sú teória dvojbrán alebo rezonančné obvody.

Predložená habilitačná práca má logické členenie, je prehľadne spracovaná a vyvážená, čo dokazuje výborné odborné i pedagogické kvality uchádzača.

Z hľadiska obsahového sú však podľa môjho názoru kapitoly Úvod a Záver príliš stručné, chýba mi tu napr. motivácia a prepojenie medzi jednotlivými zameraniami vedecko-výskumných aktivít autora a tiež smerovanie jeho vedecko-výskumných aktivít v budúcnosti. Takisto úvodné časti jednotlivých kapitol sú podané príliš stručne, chýbajú tu niektoré dôležité informácie pre čitateľa, ktorý nemá v danej oblasti dostatok vedomostí. V tejto súvislosti mám na habilitanta nasledujúce otázky

- Odvodenia rovníc 1.1. až 1.13 sú príliš stručné. Ktoré z týchto rovníc sa využívajú pri PPG?
- V opise kap. 1.5 nie je zrejmé, ako sa líši rozptyl svetla pre jednotlivé tkanivá, t.j. vynára sa napr. otázka, či sú porovnateľné snímania PPG z končekov prstov a ušných lalôčikov, príp. ušného bubienka?
- Za akých podmienok platí pravá strana vzťahu 2.2?
- Čo znamená pojem „medzná frekvencia“ v súvislosti s obr.2.4.?
- Čo je „Nernstova rovnica“ spomenutá na str. 44?
- Aké sú nevýhody používania kapacitných elektród?

Po formálnej stránke je práca písaná kvalitne, s malým množstvom chýb, resp. preklepov. Napriek tomu mám k textu pár pripomienok:

- V rovnici 1.1 je chybné uvedenie veličiny na pravej strane

- V texte pri rovniciach nie sú uvedené významy a rozmery veličín a symbolov, podobne aj pri obrázkoch náhradných schém. V texte na str.44 je uvedené označenie prvkov C_e, R_e , v obr. 2.5. na str.45 je označenie C_E, R_E – sú to tie isté prvky?
- Označenie podkapitol na str.42, 44 a 45 je chybné, malo by malo byť 2.2., 2.3 a 2.4.
- Čo znamená skratka GSR na str.45?

Záverečné hodnotenie

Aj napriek uvedeným pripomienkam a nedostatkom môžem konštatovať, že:

1. Téma predloženej práce jednoznačne *zodpovedá* odboru habilitácie 5.2.10 Teoretická elektrotechnika a predstavuje aplikáciu základov teoretickej elektrotechniky v medicínskej praxi.
2. Habilitačná práca je z hľadiska súčasného stavu vedného odboru *vysoko aktuálna*, keďže ochorenia KVS vo svete i u nás vykazujú neustále stúpajúcu tendenciu. Habilitačná práca predstavuje množstvo nových poznatkov využiteľných v medicínskej praxi.
3. Jadro habilitačnej práce *bolo publikované* na vysokej úrovni, väčšina doterajších publikácií autora je v súlade s jadrom habilitačnej práce.
4. Habilitačná práca je logicky členená, každá z troch častí vedecko-výskumných aktivít autora je uvedená stručným teoretickým úvodom do problematiky, čo je z didaktického hľadiska vysoko efektívne pre rozvoj poznatkov v danej oblasti. Práca svojou formou spolu s doterajším pedagogickým pôsobením uchádzača preukazuje jeho *dobré didaktické schopnosti*.
5. Publikované vedecké práce, ich citácie spolu s ďalšími formami uznania vedecko-pedagogickou komunitou a tiež habilitačná práca dokazujú, že Ing. Štefan Borik, PhD. je v danej oblasti *výrazne vedecky erudovanou osobnosťou*.

Na základe predloženej habilitačnej práce, prehľadu aktivít uchádzača a splnených kritérií vysoko nad rámec požadovaných, ako aj ďalších materiálov dokumentujúcich pedagogickú činnosť a spoluúčasť autora na riešení projektov môžem konštatovať, že doterajšie výsledky uchádzača a ich ohlas zodpovedajú požiadavkám habilitačného konania v zmysle vyhlášky MŠVVaŠ SR č. 246/2019 Z. z. o postupe získavania vedecko-pedagogických titulov a umelecko-pedagogických titulov docent a profesor. Preto *odporúčam*, aby bol Ing. Štefanovi Borikovi, PhD. udelený vedecko-pedagogický titul docent v odbore 5.2.10 Teoretická elektrotechnika.

V Žiline 22.7.2020

