

Oponentní posudek disertační práce Ing. Veroniky Novotné

„Analýza elektrických a tepelných jevů při elektroporaci“

Námět práce z větší části odpovídá oboru disertace „*Silnoprůdová elektrotechnika a elektroenergetika*“. Téma disertační práce je mezioborové a přináší do oblasti výkonové elektroniky nový výzkum a vývoj, který aplikačně zasahuje do biomedicínské techniky. Aplikační část disertace představuje špičkové, světově srovnatelné řešení výkonové elektroniky v lékařské terapii. Praktický význam práce je pro ČR unikátní.

Práce je v souladu se současným stavem poznání v oboru disertace.

Hlavní osnova disertace je přehledná a správná. Cíle práce jsou dobře definované.

Grafická stránka práce je na odpovídající úrovni. Práce je napsána srozumitelně. Seznam symbolů je rozsáhlý a tím je nepřehledný. Bylo by vhodnější rozdělit ho podle jednotlivých oborů.

Úvod kapitoly 3 na str. 17 nelogicky slučuje dva odlišné fyzikální jevy (teplo a elektromagnetismus). Vzorec 3.3 se týká elektrických ztrát. Na to po dalších několika řádcích navazuje vztah 3.4, který popisuje šíření tepla.

Závěr práce (str. 92 - 93) je nepřehledný. Větší srozumitelnosti by pomohlo, kdyby tato kapitola byla rozdělena na dvě části, např. faktické shrnutí výsledků a zobecněný pohled na další rozvoj tohoto oboru.

Úvodní kapitola 1 předkládá kvalitní a ucelený rozbor současného stavu poznání v oblasti aplikací výkonové elektroniky v medicíně. Současně je uveden i stručný úvod do medicíny v souvislosti s daným tématem disertační práce. Kapitola 1.7 zdánlivě nesouvisí s tématem, ale její uvedení je nutné k vymezení úlohy elektroporace jako řešení výkonové elektroniky v současné medicíně.

Vyjádření k odborné úrovni práce a její charakteristice:

V práci jsou zmiňovány zejména dvě lékařské terapeutické techniky: elektroporace a ablace (kap. 1.6, 1.7). Přitom základní rozdíl fyzikální podstaty není dostatečně vysvětlen.

Makroskopické modely (obr. 3.10 – 3.18, str. 29-32) je možné považovat za úvodní studii, která je nutná jako východisko dalšího výzkumu. V uvedených modelech jsou parametry tkání uvažovány jako anizotropní a lineární, přitom např. svalová vlákna mají výrazně odlišnou vodivost v příčném a v podélném směru.

Zjednodušení uvedené v práci je nutné pro stanovení energetické bilance při samotném zákroku elektroporace. Nedává však jednoznačný pohled na rozložení pole v jednotlivých tkáních a průběh jejich siločar.

V práci je impedance svalové tkáně (str. 34) považována za izotropní, přitom svaly včetně svalů srdce jsou výrazně anizotropní (je zásadní rozdíl v impedanci podél a napříč svalových vláken). Takže zjednodušené modely není možné využít pro popis přesného rozložení pole v jednotlivých tkáních vyšetřovaného prostoru.

Tepelný model zásobujících cév je zdařilý a velmi dobře propracovaný, chybí však rozbor, jak souvisí s tématem práce.

Elektroporace má za cíl narušit buněčné stěny částečnými mikro výboji. Nabízí se téma dalšího výzkumu. Jaký je poměr vodivosti buněčné membrány vzhledem k vodivosti vnitřního buněčného prostoru?

Hlavní cíle práce byly stanoveny tři:

- Výpočet a vizualizace rozložení elektrického pole v tkáni
- Provedení tranzientní tepelné analýzy a vizualizace rozložení teplotního pole v tkáni
- Vývoj experimentálních zdrojů stejnosměrných a střídavých pulzů pro účely elektroporace

Každý z těchto cílů je tak náročný, že by mohl být samostatným tématem disertační práce. Je zřejmé, že studentka se na všech třech cílech podílela jako členka širšího týmu a řešila dílčí úkoly.

Důležitým a velmi cenným výsledkem, který jen částečně zapadá do oboru disertace, je popis klinických experimentů (kap. 5 a 7). Výstižný popis a stručné vyhodnocení ocení především medicína (i veterinární).

Kapitola 8 se snaží zpřesnit matematický model tak, aby byl použitelný pro stanovení elektrických parametrů prostředí, ve kterém bude prováděna elektroporace. Obvodový model tkáně je přiměřený a teoreticky správný. Výsledky modelování a impedančních měření jsou nezbytně nutné pro nastavení napětí elektroporace a časového průběhu s ohledem na minimální energetickou zátěž pacienta. Nelze je však použít pro přesný popis rozložení impedančního pole v lokálních modelech.

Bibliografie je poměrně rozsáhlá a výběr citovaných pramenů je správný.

Otázky k obhajobě:

- Na jaké typy tkání z hlediska materiálových parametrů elektromagnetického pole je výhodné aplikovat elektroporaci.
- V závěru práce jsou zmíněny plány do budoucna. Jak si představujete měření impedancí jednotlivých tkání při elektroporaci? Jak ovlivní měření anizotropie tkání?
- Jak lze vysvětlit (např. str. 28, obr. 3.9) že vodivost tkáně výrazně stoupá při budícím napětí nad cca 1kV.
- Vymezte svůj autorský podíl v každém cíli práce.

Autorka publikovala hlavní části své práce na mezinárodní úrovni. Počet příspěvků souvisejících s tématem disertační práce (celkem 16) je nadprůměrný.

Doporučuji uvedenou práci k obhajobě a bude-li práce úspěšně obhájena, k následnému udělení akademického titulu Ph.D. Ing. Veronice Novotné.

V Liberci 22. 10. 2019

Prof. Ing. Aleš Richter, CSc.

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Garant studijních oborů Biomedicínská technika a inženýrství
Fakulta zdravotnických studií

Technická univerzita v Liberci