

Bydgoszcz, 05.08.2022 r.

dr hab. inż. Tomasz Talaśka, Prof. PBS

Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

ul. Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796, Bydgoszcz

e-mail: [talaska@pbs.edu.pl](mailto:talaska@pbs.edu.pl)

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

dla Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika  
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

### 1. Wprowadzenie

Niniejsza recenzja została przygotowana w wyniku powołania mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „*Obrazowanie rozkładu konduktywności elektrycznej obiektów słaboprzewodzących z zastosowaniem tomografii magnetoakustycznej ze wzbudzeniem indukcyjnym*” przez Radę Dyscypliny Naukowej – Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika a następnie Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie na posiedzeniu (uchwała 109 w dniu 30.05.2022 roku) oraz na podstawie pisma Prorektora ds. nauki prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego (pismo WE/4120/645/2022).

**Tytuł rozprawy:** Obrazowanie rozkładu konduktywności elektrycznej obiektów słaboprzewodzących z zastosowaniem tomografii magnetoakustycznej ze wzbudzeniem indukcyjnym.

**Autor rozprawy:** mgr inż. Adam Ryszard Żywica

**Promotor rozprawy:** dr hab. inż. Marcin Ziółkowski, prof. ZUT

Niniejsza recenzja (poza wprowadzeniem i wnioskiem) zawiera odpowiedzi na siedem pytań dotyczących rozprawy doktorskiej.

## **2. Jaki jest problem naukowy (teza) rozprawy? Czy został on trafnie i jasno sformułowany? Jaki charakter ma rozprawa?**

Rozprawa, której Autorem jest Pan mgr inż. Adam Ryszard Żywica, dotyczy wykorzystania tomografii magnetoakustycznej ze wzbudzeniem indukcyjnym (ang. *Magnetoacoustic Tomography with Magnetic Induction - MAT-MI*) w celu obrazowania rozkładów konduktywności obiektów dobrze i słabo przewodzących.

W szczególności, Autor zajął się opracowaniem nowych modeli (analitycznych i numerycznych) tomografii MAT-MI. Wykonał także odpowiednie badania laboratoryjne rekonstrukcji rozkładu źródeł ciśnienia akustycznego (potwierdzające w pewnej części) uzyskane wyniki analityczne na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku pomiarowym.

Problemy naukowe rozprawy zostały trafnie sformułowane, a także rozwiązane przez Autora.

Cele pracy oraz teza znajdują się we wstępie rozprawy na stronie 14.

### Celem pracy było:

- opracowanie wybranych modeli analitycznych i numerycznych zagadnienia prostego i odwrotnego tomografii magnetoakustycznej ze wzbudzeniem indukcyjnym MAT-MI, które umożliwiają rekonstrukcję źródeł ciśnienia akustycznego odpowiadającego rozkładowi przestrzennemu konduktywności wewnętrznej obiektów słabo przewodzących,
- budowa eksperymentalnego stanowiska pomiarowego tomografii MAT-MI umożliwiającego rekonstrukcję rozkładu źródeł ciśnienia akustycznego odpowiadającemu rozkładowi przestrzennemu konduktywności dla obiektów dobrze przewodzących oraz przeprowadzenie odpowiednich badań.

Teza rozprawy zdefiniowana została następująco:

Dla określonych układów geometrycznych badanych obiektów oraz określonych konfiguracji elektromagnetycznych pól wzbudzających można otrzymać analityczne oraz numeryczne rozwiązania określające rozkłady ciśnienia akustycznego, które odpowiadają różnym konduktywnościom obszaru badanego obiektu.

Niniejsza rozprawa ma charakter koncepcyjno-eksperymentalny.

**3. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Przegląd i analiza literatury zostały przeprowadzone i przedstawione w sposób właściwy. Autor jest ekspertem w dziedzinie badań tomografii MAT-MI i ich wykorzystania do oceny rozkładów konduktywności. Autor rozumie aktualny stan wiedzy oraz literatury światowej w zakresie rozprawy, co przedstawił między innymi w rozdziale 2.

Część analizowanych źródeł została wykorzystana w Rozdziale 1 rozprawy (ogólnym, wstępnym), a część w Rozdziale 2 rozprawy, który poświęcono zagadnieniom obrazowania właściwości elektrycznych obiektów słabo przewodzących i ich wykorzystaniu w różnego rodzaju aplikacjach (np. medycynie). Przedstawiono tam także różne metody tomograficzne, teoretycznie opisano podstawy tomografii MAT-MI. Część źródeł wykorzystana została także w rozdziale 3, gdzie pokazano i omówiono modele analityczne tomografii MAT-MI dla różnych obiektów.

Bibliografia zawiera 283 pozycje. Zdecydowana większość cytowanych prac jest wydana po 2000 roku, co świadczy o dobrej znajomości aktualnej literatury.

Kilka drobnych uwag do tej części recenzji:

Po analizie tej części pracy, wg mojej opinii, brakuje głębszej dyskusji, czasami krytyki, próby analizy trendów, zbiorczego podsumowania stanu wiedzy. Według mnie, Autor w rozdziale 2 przedstawił zbyt skrótowo obecny stan wiedzy. Metody tomografii (poza MAT-MI) opisane są niezbyt dokładnie, czasami nieco chaotycznie, co utrudnia ich zrozumienie, wyselekcjonowanie i bezpośrednie porównanie wad i zalet każdej z nich. Brakuje też często

odpowiednich (choćby drobnych) rysunków pozwalających na lepsze zrozumienie przedstawionego zagadnienia.

Dodatkowo, w oparciu o tak duży zbiór literatury, Autor mógłby w sposób szerszy opisać stan wiedzy dot. wykorzystania omawianych metod w inżynierii biomedycznej i medycynie, co z pewnością wzbogaciłoby wartość rozprawy. W rozdziale II prezentowane są tylko podstawowe fakty, a jak się one mają z obecnym stanem badań biomedycznych (z okresu ostatnich kilku lat)? Jaka jest skuteczność i wiarygodność badania (różnych metod) przewodności tkanek na wykrywanie zmian np. nowotworowych. Czy metody te zawsze i w każdych warunkach są skuteczne? – brakuje takiej analizy, bo wykorzystanie omawianych metod i uzyskanych wyników badań stanowi o ich przydatności oraz o ich potencjalnemu wykorzystaniu w przyszłości.

W/w uwagi nie obniżają w znaczący sposób wartości rozprawy, a są bardziej wskazówką na temat możliwości jej poprawy. Uważam, że stan wiedzy Autora na temat omawianej tematyki jest duży.

#### Dorobek publikacyjny doktoranta

W spisie literatury (a także w załączniku) znaleźć można 5 prac Autora rozprawy. W jednym przypadku jest on jedynym autorem, w pozostałych przypadkach są to prace współautorskie. W trzech przypadkach jest on pierwszym autorem, a w jednym przypadku trzecim. Prace te były wydane w okresie od 2016 do 2020 roku. Niestety w rozprawie nie zawarto, ani opisowego, ani procentowego udziału poszczególnych autorów w tych publikacjach. Według opinii doktoranta (strona 149) prace te stanowią znaczącą część wyników rozprawy. Uważam, że dorobek publikacyjny nie jest może imponujący, ale według mojej opinii i co pokazuje lektura niniejszej dysertacji wystarczający. Ważnym podkreślenia jest fakt, że w 4 pozycjach jest on pierwszym autorem.

#### **4. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia? Czy użył do tego właściwych metod dowodząc, że posiadał umiejętności związane z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych? Czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

Uważam, że Autor w sposób odpowiedni rozwiązał problemy, których dotyczy rozprawa. Nie mam także wątpliwości, iż Autor posiada dużą wiedzę dotyczącą zagadnień związanych z wykorzystaniem tomografii magnetoakustycznej ze wzbudzeniem indukcyjnej do oceny

rozkładu konduktywności różnych obiektów. Przyjęte w pracy założenia są uzasadnione i merytorycznie poprawne. Teza rozprawy została dowiedziona.

Autor posiada duże umiejętności zarówno w modelowaniu analitycznym (rozdział 3), jak i numerycznym (rozdział 4) tomografii MAT-MI. Potrafi do tego także wykorzystać odpowiednie, specjalistyczne środowiska programistyczne, a także co pokazano w rozdziale 5 zbudować odpowiednie stanowisko eksperymentalne. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych są poprawne.

**5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu nauki reprezentowanych przez literaturę światową?**

Autorskim i oryginalnym dokonaniem naukowym (opisanym w rozdziale 3) i głównym elementem rozprawy było: opracowanie modeli analitycznych oraz analityczne wyznaczenie natężenia pola magnetycznego, rozkładu gęstości zaindukowanych prądów wirowych oraz ciśnienia akustycznego dla 3 różnych typów obiektów (tj. cylindrycznego ze szczeliną podłużną, dwuwarstwowego cylindrycznego i trójwarstwowego cylindrycznego). Dokonując rekonstrukcji rozkładu źródeł fali akustycznej potwierdzona została poprawności opracowanych modeli analitycznych.

Oryginalną częścią rozprawy (opisaną w rozdziale 4) było także opracowanie modeli numerycznych w wybranych środowiskach programistycznych oraz realizacja odpowiednich i autorskich badań na zaimplementowanych modelach. Badania dotyczyły oceny wpływu: kształtu i czasu impulsu wzbudzenia, niejednorodności elektrycznej i rozmiaru badanego obiektu oraz niejednorodności akustycznej obiektu na rekonstrukcje rozkładu fali akustycznej. Dowiedziono, że dla obiektów o uproszczonych kształtach wyniki obliczeń analitycznych są w zgodzie z rezultatami modelowania numerycznego opartego na metodzie elementów skończonych.

Ważnym podkreślenia jest także fakt, że Autor zbudował odpowiednie stanowisko pomiarowe, na którym mógł, w pewnej części, zweryfikować wcześniej obliczone i zasymulowane modele analityczne i numeryczne.



## **6. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników? Jaka jest poprawność redakcyjna rozprawy?**

Niniejsza rozprawa została przygotowana poprawnie. Zarówno jej struktura, jak i podział treści są odpowiednie. Poziom językowy jest dobry, natomiast w rozprawie znaleźć można nieliczne i drobne błędy (opisane szerzej w punkcie 7 recenzji). Te drobne usterki nie zmieniają ogólnej opinii o dobrym poziomie językowym i edycyjnym rozprawy.

Zarówno przeprowadzone badania analityczne, symulacyjne, eksperymentalne, jak i uzyskane wyniki przedstawione są w sposób jasny i klarowny, a także co jest istotne metodologicznie poprawny.

Struktura pracy jest poprawna i odpowiednio wcześniej przemyślana. W Rozdziale 2 przedstawiono wprowadzenie teoretyczne, które było dobrym wstępem do kolejnych rozdziałów. W rozdziałach 3-5 przedstawiono modele analityczne, następnie numeryczne i eksperymentalne tomografii MAT-MI.

## **7. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

Pomimo osiągnięcia postawionych celów rozprawy, udowodnienia tezy oraz poprawnych wyników badań eksperymentalnych, w recenzowanej rozprawie można zauważyć pewne aspekty dyskusyjne, wymagające wyjaśnienia i doprecyzowania, jak również mniej znaczące usterki natury edycyjnej. Należy podkreślić i zaznaczyć, że recenzowana rozprawa nie zawiera wielu słabych stron a jedynie pewne aspekty wymagające odniesienia w toku obrony rozprawy doktorskiej. Uwagi mające charakter dyskusyjny można sformułować następująco:

- Autor w rozprawie często używa słowa – znormalizowany – do czego normalizuje Autor wartości? (zapisy o normalizacji wymagają sprecyzowania)
- Uwaga została już wskazana w punkcie 2 recenzji – uważam, że Autor powinien bardziej zaakcentować możliwość wykorzystania omawianej metody MAT-MI na konkretnym przykładzie. Z lektury pracy nie wiem, czy Autor poza badaniem obiektów cylindrycznych (notabene dość prostych) poradziłby sobie z badaniem tkanek biologicznych (o niejednorodnej i za każdym razem nieco innej / czasami nawet bardzo różnej strukturze)
- Badania eksperymentalne pokazane w rozdziale 5 zawierają zbyt małą liczbę przykładów i wariantów. Odczuwam duży niedosyt analizując wyniki eksperymentalne. Dlaczego tak mało badań eksperymentalnych Autor wykonał?

- Ocena wyników badań eksperymentalnych jest subiektywna. Autor nie użył żadnych narzędzi do wyznaczenia błędów pomiarów, czy też błędów układu pomiarowego.
- W opisie układu pomiarowego brakuje schematu (choćby blokowego) układów elektronicznych. Opis układu jest tylko symboliczny z użyciem słów kondensator, cewka, tranzystory MOS – uważam, że rozprawa doktorska powinna zawierać schematy, w celu weryfikacji chociażby narzędzi pomiarowych. Przykładowo w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja udostępnia się np. kody zaimplementowanych algorytmów w celu ich weryfikacji.
- Opisano układ pomiarowy, ale nie napisano, czy takie lub podobne układy są stosowane na świecie. Jakie są wady (lub ograniczenia) i zalety zbudowanego stanowiska w stosunku do innych.
- Autor w pracy (rozdział 3 i 4) pisze o analizie obiektów o słabej przewodności, natomiast w rozdziale 5 o budowie stanowiska laboratoryjnego dla układów do dobrej przewodności. Po pierwsze w pracy nie ma zdefiniowanego słowa słaba i dobra przewodność. Więc pytanie brzmi, co dla Autora znaczy słaba a co dobra przewodność i dlaczego badania analityczne i numeryczne realizowane są dla innej klasy układów niż eksperymentalne?
- Czy zbudowane stanowisko pomiarowe nie nadaje się do badania obiektów o słabej przewodności np. tkanek biologicznych?
- Czytając rozprawę często zastanawiałem się jak Autor wyznacza wartość konduktywności badanych obiektów. Z badań wiadomo, że w pewnym obszarze, konduktywność nagle wzrosła lub zmalała (czyli dokonujemy obrazowania). Autor badając układ, czy to eksperymentalnie czy numerycznie z góry wiedział, że obszar A ma konduktywność X, a obszar B konduktywność Y. Pytanie moje brzmi: czy wykorzystując przedstawione metody można zmierzyć konkretną wartość konduktywności?
- W podsumowaniu w punkcie 9 Autor napisał: „W praktyce pomiarowej należy uwzględnić niekorzystne zjawisko związane z zakłóceniami elektromagnetycznymi:.” Czy Autor uwzględnił to zjawisko w badaniach numerycznych? I jaki wpływ (np. procentowy) na wyniki obrazowania ma to zjawisko i odpowiedni dobór filtrów?.
- Brakuje procentowego udziału Autora w publikacjach. Szczególnie chodzi mi o publikację, gdzie Autor rozprawy jest trzecim Autorem na liście.



Recenzowana rozprawa napisana jest starannie pod względem językowym, stylistycznym oraz redakcyjnym. Niemniej jednak w pracy można znaleźć nieliczne błędy redakcyjne, m. in. takie jak:

- Strona 15 – „pierwszą i za razem..” – powinno być: „pierwszą i zarazem....”
- Strona 18 – „...struktury komórek. na przykład..” – powinno być: „...struktury komórek. Na przykład..”
- Strona 19 – brak angielskiej nazwy tomografii (dla EIT i MIT) / strona 24 (dla MREIT)
- Strona 20 – „...badanego obiektu. na gruncie...” – powinno być: „...badanego obiektu. Na gruncie...”
- Strona 22- „... większość zastosowań tej metody jest w dalszym ciągu uznawana za eksperymentalne.” – powinno być: „... większość zastosowań tej metody są w dalszym ciągu uznawane za eksperymentalne.”
- Strona 33 – „Na rysunku 2.1...” – powinno być: „Na rysunku 2.2...”
- Strona 35 – „...pierwszego rzędu. w obecności...” powinno być: „...pierwszego rzędu. W obecności...”
- Strona 36 – po wzorach 2.6 i 2.7 powinien być przecinek
- Strona 37 – „...stosuje się koncepcję dwuetapową, które jest charakterystyczną dla metod..” – powinno być: „...stosuje się koncepcję dwuetapową, która jest charakterystyczna dla metod..”
- Strona 53 – opis pod rysunkiem 3.6 – „...część rzeczywista zespolone całki...część urojona zespolone całki..” – powinno być: „...część rzeczywista zespolonej całki...część urojona zespolonej całki..”
- Strona 55 – „... (rysunek 3.6). na każdym” – powinno być: „... (rysunek 3.6). Na każdym”
- Strona 54 – opis rysunku 3.7 – „... $P_3(60,0)$ ..” powinno być „... $P_3(0,-60)$ ..”
- Strona 55 – „...wraz z szczeliną..” – powinno być: „...wraz ze szczeliną..”
- Strona 61 – „...akustycznych widoczny na tych rysunkach..” - powinno być: „...akustycznych widoczne na tych rysunkach..”
- Strona 61 – „...różnej konduktywności. na przykład..” – powinno być: „...różnej konduktywności. Na przykład..”
- Strona 103 – złe tłumaczenie skrótu PPV – „ang. precision” – powinno być: „ang. positive precision value”,
- Strona 103 - brak angielskiej nazwy skrótu ACC



- Strona 103 – złe tłumaczenie skrótu TPR – „ang. Sensitivity” – powinno być: „ang. true positive rate”.
- Strona 103 – złe tłumaczenie skrótu TNR – „ang. Specificity lub selectivity” – powinno być: „ang. true negative rate”.
- Strona 112 – „..użyto przetwornika piezoelektrycznego..” – powinno być: „użyto przetwornik piezoleketryczny..”
- Strona 115 – „,..zmiennego w czasie pole magnetycznego” – powinno być: – „,..zmiennego w czasie pola magnetycznego”
- Strona 115 – jest 1130 a – powinno być: 1130 A
- Strona 117 – „,..od obiektu. na rysunku..” – powinno być: „,..od obiektu. Na rysunku..”
- Strona 120 – „,..tomografii MAT-MI. w praktyce...” – powinno być: „,..tomografii MAT-MI. W praktyce...”

Dodatkowo chciałbym wspomnieć o dwóch wyrazach, które pojawiają się bardzo często w rozprawie, co więcej są w temacie, celach i tezie pracy. Chodzi mi tutaj o słowa: słabo przewodzący i dobrze przewodzący. Uważam, że słowa te powinny być pisane rozdzielnie. Nie do końca rozumiem, dlaczego Autor słabo przewodzący pisze razem, a dobrze przewodzący rozdzielnie. Uważam, że powinno się stosować jedną formę zapisu. W słowniku możemy przeczytać:”.. wyrażenia, w których pierwszy człon jest przysłówkiem, a drugi jest imiesłowem odmiennym lub przymiotnikiem określanym przez ten przysłówek, traktuje się jako zestawienia i pisze rozłącznie” – można także odczytać, że niektóre wyrażenia się scalały i pisze się je razem jak np.: jasnowidzący, ale wtedy oba te słowa (nawiązuje tu do rozprawy) powinniśmy traktować tak samo.

Chciałbym jednak podkreślić, że przytoczone powyżej błędy redakcyjne nie pomniejszają wartości naukowej oraz oryginalności rozprawy.

## **8. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?**

Tematyka rozprawy mieści się w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, a także z punktu widzenia jej wykorzystania zahacza o inżynierię biomedyczną, czy nawet medycynę. Można by uznać zatem, że praca jest interdyscyplinarna.

Praca dotyczy bardzo aktualnych i potrzebnych zagadnień obrazowania konduktywności różnych obiektów o słabej przewodności (np. tkanek). Jako główne zastosowanie obrazowania konduktywności autor wskazuje aplikacje medyczne. Autor w rozprawie cytuje kilkadziesiąt pozycji literaturowych wskazujących na wykorzystanie tomografii MAT-MI w medycynie.

Tematyka poruszana w rozprawie może wspomóc proces leczenia wielu chorób, w tym nowotworów (wątroby, nerek, płuc, itp.). Wykorzystanie tomografii i badania przewodności tkanek opisane są szeroko w literaturze. Wykazano, że komórki nowotworowe charakteryzują się inną konduktywnością i przenikalnością w porównaniu do zdrowych komórek. Przedstawiana w pracy metoda należy do nieinwazyjnych, co jeszcze bardziej uwidacznia zalety jej stosowania w medycynie. Poza wykrywaniem komórek nowotworowych obrazowanie konduktywności wykorzystywane może być do budowy sztucznych tkanek, które w przyszłości wykorzystane mogą być do różnego rodzaju przeszczepów.

## 9. Wniosek

Biorąc pod uwagę przedstawioną przez Doktoranta rozprawę stwierdzam, że **spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim** przez obowiązującą Ustawę o stopniach i tytule naukowym i **wniosuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

*Tomasz Telesiński*

*[Signature]*