

**Recenzja rozprawy doktorskiej
magistra inżyniera Rafała Białka**

zatytułowanej:

**Magnetooptryczna metoda detekcji impulsowych
pól elektromagnetycznych dużej mocy**

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Prof. dr. hab. inż. Andrzeja P. Dobrowolskiego Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego - pismo z dnia 17.06.2020r. Zlecenie dotyczy sporządzenia recenzji rozprawy doktorskiej przygotowanej przez mgr. inż. Rafała Białka. Recenzja zawiera ocenę spełniania warunków stawianych rozprawom doktorskim, określonych w art. 13 ust 1 ustawy o stopniach i tytule naukowym.

1. Zagadnienia naukowe i naukowo-techniczne rozprawy

Tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej dotyczy realizacji układu do pomiaru natężenia pola magnetycznego z wykorzystaniem oddziaływania pola magnetycznego na wiązkę światła spolaryzowanego w środowisku dielektryka z wykorzystaniem zjawiska Faradaya i światłowodów wielomodowych doprowadzających i odprowadzających przekształconą wiązkę świetlną. Pomiar natężenia pola magnetycznego i natężenia pola elektrycznego, szczególnie w strefie tzw. pola bliskiego, jest zagadnieniem trudnym i wymaga zastosowania takiej metody, w której czujnik pomiarowy nie zakłóca pola podlegającego pomiarowi.

Oczywiście zrealizowany w rozprawie etap jest tylko bardzo istotnym (badawczym) wstępem do konstrukcji profesjonalnego urządzenia (złożono stosowny wniosek do Rzecznika Patentowego WAT) i może się okazać, że o powodzeniu takiego projektu mogą zdecydować też inne, nie brane obecnie pod uwagę, aspekty – często tak bywa, ale jest to osobny temat nie wchodzący w zakres opiniowanej rozprawy.

Na szczególne podkreślenie zasługuje wykonanie autorskich stanowisk pomiarowych, a szczególnie konstrukcja i wykonanie dielektrycznego przetwornika pomiarowego oraz przeprowadzenie szeregu pomiarów laboratoryjnych uwzględniających różne aspekty potwierdzające poprawność uzyskiwanych pomiarów: kształt impulsu pola elektromagnetycznego, zakres częstotliwości, wartość amplitudy bądź wartość szczytowa impulsu, czas trwania impulsu.

Głównym elementem układu pomiarowego jest przetwornik pomiarowy – materiał dielektryczny, który pod działaniem zewnętrznego pola elektrycznego lub magnetycznego zmienia współczynnik załamania światła. Na tym aspekcie Autor skupia wiele uwagi prezentując szeroki zakres podstawowych własności przetwarzania, ale najmocniej skupia się na budowie całego systemu pozwalającego przełożyć efekty tego zjawiska na sygnał wyjściowy. W tym procesie ważną rolę, a przez Doktoranta uważaną za jedno z głównych osiągnięć badawczych i konstrukcyjnych rozprawy, odgrywa zastosowanie światłowodów wielomodowych zapewniających doprowadzenie i wyprowadzenie z przetwornika wiązki światła wskazującej odpowiedni kąt załamania proporcjonalny do chwilowej wartości indukcji pola magnetycznego.

Na stronie 9 Doktorant formułuje tezę rozprawy mówiącą o możliwości detekcji impulsowego pola magnetycznego z wykorzystaniem autorskiego detektora, będącego głównym osiągnięciem naukowym rozprawy. Jeśli opisane przez Autora dotychczasowe badania prowadzone w innych ośrodkach badawczych wykazują dobrą skuteczność pomiarową z wykorzystaniem światłowodów jednomodowych, to proponowane w rozprawie zastosowanie światłowodów wielomodowych, jak wykazuje Doktorant, zapewnia wyższą jakość pomiarową dla tego typu detektorów.

Moim zdaniem formułowanie takiej tezy, jest to nadmiarowe podnoszenie do rangi rozwiązania złożonego problemu teoretycznego (np. przeprowadzenia dowodu matematycznego), skąd inąd bardzo dobrego pomysłu konstrukcyjnego (poprzedzonego także zaczerpniętą z literatury analizą teoretyczną) polegającego na zbudowaniu układu pomiarowego z zastosowaniem odpowiednich materiałów i po zaplanowaniu oraz przeprowadzeniu szerokich badań potwierdzających skuteczność oraz dokładność pomiarową rozwiązywanego zagadnienia. Przecież nie chodzi o to, że w takiej konstrukcji istnieje możliwość pomiarowa natężenia pola magnetycznego z wykorzystaniem prawa Faradaya w środowisku odpowiedniego dielektryka, bo to inni udowodnili, tylko że połączenie tego z zastosowaniem światłowodów wielomodowych da lepsze rezultaty niż znane Doktorantowi rozwiązania dotychczasowe. W ten sposób Autor realizuje postawiony w rozprawie cel działania, dla którego wyniki pomiarów potwierdzają uzyskane efekty.

Cel rozprawy został zrealizowany poprzez opracowanie i wykonanie warsztatu badawczego stanowiącego kompletne rozwiązanie postawionego problemu wraz z wykonaną i przeanalizowaną dużą liczbą pomiarów testowych.

2. Organizacja i redakcja rozprawy, odniesienia do literatury

Rozprawa obejmuje 110 stron maszynopisu, 94 pozycje literatury pogrupowane nie alfabetycznie a tematycznie (wchodząc w lekturę pracy znajdujemy odniesienia do kolejnych pozycji literatury – dobry pomysł), w tym 9 pozycji współautorskich doktoranta (w 8 pozycjach jako pierwszego autora). Pozycje literatury są dobrane starannie do analizowanej tematyki.

Rozprawa została podzielona na 6 rozdziałów (wliczając wstęp oraz podsumowanie). Cechą charakterystyczną rozprawy jest bardzo duża liczba rysunków (93) prezentujących schematy konstrukcji, zdjęcia zrealizowanych układów, wyniki pomiarów oraz wyniki obliczeń symulacyjnych.

Konstrukcja treści pracy umiejętnie wprowadza czytelnika w kolejne aspekty rozwiązywanych zagadnień, czy przeprowadzanych badań pomiarowych, omawiając kolejne etapy prowadzące do realizacji celu rozprawy.

3. Osiągnięcia naukowe

W mojej ocenie oryginalne i decydujące o wysokim poziomie merytorycznym rozprawy osiągnięcia stanowią:

1. zaprojektowanie i wykonanie stanowiska pomiarowego impulsowego natężenia pola magnetycznego dużej mocy z wykorzystaniem efektu magnetoptycznego w czujniku dielektrycznym i zastosowanie technologii światłowodów wielomodowych,
2. przeprowadzenie odpowiednich analiz teoretycznych,
3. zaprogramowanie i wykonanie serii badań dla różnych rodzajów mierzonych pól.

Odnosząc się do fragmentu treści art. 13 ust 1 ustawy o stopniach i tytule naukowym, gdzie między innymi zapisano, że rozprawa doktorska powinna stanowić „...oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne.....” należy stwierdzić, iż recenzowana praca zdecydowanie mieści się w drugiej części cytowanego zapisu i swoim zakresem w pełni wyczerpuje spełnienie warunków stawianych rozprawom doktorskim. Główny nacisk położony został na aspekty technologiczne i konstrukcyjne wsparte także symulacjami numerycznymi oraz szerokim wachlarzem przeprowadzonych pomiarów.

4. Uwagi krytyczne

Podczas lektury rozprawy nasuwa się istotne pytanie – czy zakres oraz parametry badanych źródeł pól wyczerpują wymagane, konieczne parametry do przeprowadzenia rzetelnych badań testujących. W moim przekonaniu brakuje zastosowania źródła pola elektromagnetycznego o częstotliwości rzędu gigaherców – zastosowanie światłowodów

wielomodowych, jak dowodzi Autor, zapewnia poszerzenie zakresu częstotliwości mierzonego natężenia pola magnetycznego.

W opinii recenzenta zbyt mało nacisku położono na wykazanie, że taka metoda pomiarowa pozwala mierzyć pola magnetyczne o bardzo dużych wartościach natężenia (z przejściem do wartości krytycznych) i o krótkim czasie trwania impulsu. W rozprawie wyjaśniono, że ten efekt uzyskujemy przez zastosowanie doprowadzeń światłowodowych odsuwających przyrządy pomiarowe wchodzące w skład układu pomiarowego od sensora dielektrycznego, stanowiącego jądro systemu pomiarowego. Pomiaru testowe silnych pól przeprowadzono w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa. Jednak relacja z uzyskiwanych efektów pomiarowych nie jest zbyt przekonująca, co Autor sam zauważa na zakończenie podrozdziału 5.4 (str. 77).

5. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych

Przedstawiona do recenzji rozprawa stanowi ważne i wartościowe osiągnięcie w rozwoju możliwości pomiarowych pól elektromagnetycznych z położeniem szczególnego nacisku na rozwiązywanie trudnych zagadnień z wiązanych z pomiarami pól dużej mocy (najczęściej występuje to w tzw. strefie bliskiej źródła pola). W przygotowaniu urządzenia używanego w powszechnym zastosowaniu wymagane jest jeszcze rozwiązanie wielu szczegółów konstrukcyjnych a także przeprowadzenie na większą skalę wspomnianego wcześniej w recenzji zakresu badań przy pomiarach ekstremalnie wysokich oraz szybkozmiennych w czasie pól magnetycznych (pól impulsowych występujących np. w: transporcie, medycynie, przemyśle ciężkim).

Należy także dać odpowiedź na pytanie: jeśli uważamy, że zaproponowana metoda pomiaru chroni nas przed oddziaływaniem przyrządu na wynik pomiaru, czyli dotychczasowe przyrządy nie mierzą dokładnie, ale ich używano (soda B-dot, czy przyrząd 5080 firmy Sypris Test&Measurement) w rozprawie do oceny uzyskiwanych wyników pomiaru, to co jest źródłem odniesienia do oceny jakości pomiarów? Oczywiście można mierzyć natężenie pola magnetycznego o dokładnie znanej z obliczeń wartości np. na osi symetrii układu cewek Helmholtza, ale to jest tylko bardzo szczególny przypadek.

Tego typu wątpliwości nie umniejszają osiągniętym w rozprawie rezultatom a tylko pobudzają do dalszych prac w rozwoju zaproponowanej metody pomiarowej.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując, jeszcze raz pragnę podkreślić, iż rozprawa doktorska mgr. inż. Rafała Białka zdecydowanie spełnia wymagania stawiane w art. 13. Ust. 1. Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016r., poz. 882) pracom na stopień doktora nauk technicznych i **wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.**