

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Rafała BIAŁKA

pt.: ***Magnetoptyczna metoda detekcji impulsowych pól elektromagnetycznych dużej mocy***,
dla Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika WAT

Podstawą formalną wykonania niniejszej recenzji jest Uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Wojskowej Akademii Technicznej z dnia 17 czerwca 2020 r. – nr 48/RDN AEE/2020, oraz pismo Przewodniczącego tej Rady pana prof. dra hab. inż. Andrzeja P. Dobrowolskiego, z tego samego dnia jak powyżej – nr WYCH/N/00322/2020.

Pod względem edytorskim rozprawa ta składa się z sześciu rozdziałów, uwzględniając w tym *Wstęp jako rozdział pierwszy* oraz *Podsumowanie rozprawy jako rozdział szósty*. Poprzedzają to *Streszczenia* w języku polskim i angielskim, *Podziękowania* oraz *Spis treści*. Natomiast na końcu opracowania umieszczono *Bibliografię* zawierającą 94 pozycje literaturowe w kolejności ich przywołania. Poza tym zamieszczono tam *Spisy rysunków i tabel* oraz dwa *Załączniki*. Całość opracowania liczy 110 stron.

Jest to praca w dziedzinie *nauki techniczne*, w dyscyplinie *elektronika*, w dominującym stopniu o charakterze projektowo-konstrukcyjnym.

Najogólniej ujmując, przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest *impulsowe pole elektromagnetyczne dużej mocy*, tzw. *HPEM*, stosowane jako efektywne źródło zakłóceń – wręcz niszczenia - urządzeń elektronicznych na potencjalnym polu walki. Cechą charakterystyczną takich sygnałów jest duża moc w impulsie – rzędu Gigawatów, oraz bardzo krótki czas trwania takich impulsów – rzędu nanosekund. Z racji wartości ostatniego z tych parametrów, widmo HPEM jest bardzo rozległe.

Jednym z aspektów praktycznych HPEM jest zagadnienie detekcji (wykrywania) i pomiaru (rejestracji) takich sygnałów, co stanowi przedmiot niniejszej rozprawy doktorskiej. Na początku, w rozdziale pierwszym o nazwie: *Wstęp*, doktorant przedstawia aktualny stan

wiedzy w tym obszarze, przywołując przy tym reprezentatywne pozycje literatury naukowej, krajowej i zagranicznej - poz. od [1] do [13], w tym dwie prace, których jest współautorem. Charakteryzuje krytycznie ten stan wiedzy i wskazuje problemy, które powinny być przedmiotem kolejnych badań. Jak wiadomo, aktualnie technika detekcji i pomiaru impulsów HPEM oparta jest na zastosowaniu czujników w postaci sond tzw. *D-dot* oraz *B-dot*, które stosuje się do pośredniej, poprzez pomiar indukcji elektrycznej i magnetycznej, detekcji i pomiaru składowej pola e-m, odpowiednio elektrycznej lub magnetycznej. Wymaga to użycia w układzie pomiarowym dodatkowych elementów, m.in. układu dopasowującego takie sondy o charakterze symetrycznym do niesymetrycznej (koncentrycznej) budowy toru pomiarowego, oraz układu całkującego, jako, że sygnał na wyjściach takich sond stanowi pochodną składowych sygnału HPEM. W takich warunkach, za sprawę zasadniczą doktorant uważa niekorzystną (cyt.) *modyfikację charakterystyki częstotliwościowej* układu pomiarowego, będącą jego zdaniem następstwem występowania w tym układzie elementów o charakterze przewodzącym – tzn. dosłownie cyt.: *metalowych*, co utrudnia dobór wymaganego tłumienia toru pomiarowego.

W tym miejscu nasuwa się następująca kwestia: zawsze przyczyną zmian charakterystyki częstotliwościowej jakiegokolwiek układu lub elementu są jego właściwości reaktancyjne, zaś nie rezystancyjne, przy czym ostatnie z wymienionych - tzn. rezystancyjne - mają wpływ na poziom energetyczny sygnału i są niezależne od częstotliwości?! Zatem w tym miejscu wnioskowanie doktoranta jest błędne i nie koresponduje z pojęciem charakterystyka częstotliwościowa!

Zaś wracając do głównego nurtu recenzji, zdaniem doktoranta sposobem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie czujnika optycznego, wykonanego w (cyt.): *technologii całkowicie dielektrycznej*, którego działanie oparte jest na metodzie elektrooptycznej lub magneto-optycznej. W tym miejscu doktorant przytacza m.in. artykuł [15] autorstwa Pawła Bieńkowskiego z Politechniki Wrocławskiej. Przytacza także rozwiązania zastrzeżone patentowo w Stanach Zjednoczonych poz.: [17] – [20]. W konkluzji, mając na uwadze opisane w literaturze układy pomiarowe z czujnikami optycznymi z użyciem światłowodowych linii transmisyjnych, przyjmuje do badań czujnik (detektor) optyczny pracujący z użyciem fali o długości 532 nm, w układzie pomiarowym z użyciem światłowodów wielomodowych. Na tej podstawie określa cel i formułuje tezę rozprawy. W końcowej części tego *Wstępu* krótko charakteryzuje kolejne rozdziały niniejszej dysertacji

doktorskiej. Tzn. w rozdziale drugim o nazwie: *Wysokomocowe impulsy elektromagnetyczne*, krótko opisano klasyfikację takich sygnałów oraz scharakteryzowano – jak się wydaje - potencjalne źródło sygnału do badań w postaci dostępnego dla doktoranta generatora *DS110* firmy *Diehl*, jednakże które to urządzenie nie występuje w opisach układów pomiarowych. *Zatem nasuwa się pytanie: jaki jest powód dla, którego o tym pisać?!* W kolejnym rozdziale trzecim o nazwie: *Metody detekcji i pomiaru wysokomocowych impulsów elektromagnetycznych*, autor na tle klasycznych metod pomiarowych związanych ze stosowaniem w/w sond typu *D-dot* oraz *B-dot* opisał metody optoelektroniczne, tzn. metody elektrooptyczną i magneto optyczną. Konsekwentnie dalej, w rozdziale czwartym o nazwie: *Stanowisko pomiarowe i badania laboratoryjne* autor prezentuje stanowisko do badań oraz w dominującej części tego rozdziału przedstawia i omawia wyniki wykonanych badań tego stanowiska, charakteryzujące jego właściwości użytkowe. Natomiast w rozdziale piątym o nazwie: *Model detektora i badania laboratoryjne* opisano opracowany przez autora detektor dielektryczny przeznaczony do współpracy ze światłowodowym łączem wielomodowym. Następnie przedstawiono i omówiono wyniki badań laboratoryjnych właściwości takiego układu pomiarowego, wykonane zwłaszcza w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa oraz w Laboratorium Kompatybilności Elektromagnetycznej na Wydziale Elektroniki WAT. W ostatnim rozdziale szóstym o nazwie: *Podsumowanie* zrekapitulowano otrzymane wyniki, wskazując najważniejsze osiągnięcia niniejszej rozprawy.

Natomiast odnosząc się do wykazu punktów składowych recenzji zalecanych przez Radę Wydziału Elektroniki WAT, moja opinia przedstawia się jak poniżej.

1. Cel badań – celem niniejszej rozprawy doktorskiej było (cyt. s. 9): ocena możliwości wykorzystania metody magneto optycznej, na podstawie badań autorskiego detektora opartego na zjawisku Faradaya, do detekcji składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego, w szczególności sygnału impulsowego dużej mocy.

Następnie doktorant sformułował tezę tej rozprawy, że (cyt. s. 9): *możliwa jest detekcja impulsowego pola elektromagnetycznego z wykorzystaniem autorskiego detektora opartego na zjawisku Faradaya.*

Mając na uwadze powyższe, doktorant przeprowadził wstępne badania stosując niskoczęstotliwościowe źródło pola elektromagnetycznego w postaci cewki Helmholtza. Na podstawie uzyskanych wyników tych badań opracował i wykonał model detektora oraz

założenia do programu koniecznych badań, zmierzających do osiągnięcia przyjętego celu i wykazania postawionej tezy rozprawy.

Powyższe, tzn. cel badań i teza rozprawy, zostało zapisane w sposób wystarczająco jasny i stanowiło punkt wyjścia do zrealizowania badań opisanych, zwłaszcza w rozdziale piątym.

2. Charakter rozprawy – jak to już napisałem na wstępie, niniejsza rozprawa ma charakter projektowo-konstrukcyjny oparty na materiale otrzymanym na drodze eksperymentalnych badań laboratoryjnych. Doktorant dla potrzeb tych badań opracował stanowisko laboratoryjne i wykonał badania jego właściwości użytkowych, a zwłaszcza pomierzył odpowiedź układu pomiarowego na pobudzenie zmiennym polem magnetycznym. Powyższe wraz z wynikami tych badań opisał w rozdziale czwartym rozprawy.

Następnie, opracował model laboratoryjny detektora *całkowicie dielektrycznego* i przy jego użyciu wykonał badania laboratoryjne opisane w rozdziale piątym, o czym będzie mowa w dalszej części recenzji.

3. Analiza źródeł literaturowych – doktorant przeprowadził analizę źródeł literaturowych, czego potwierdzeniem jest wykaz bibliograficzny zawierający 94 pozycje literaturowe, w tym 7 współautorskich publikacji doktoranta – wszystkie z promotorem rozprawy, w większości w literaturze krajowej, głównie w Przeglądzie Elektrotechnicznym. Jest przy tym widoczne, że doktorant nie opublikował wyników swoich badań chociażby w jednym czasopiśmie z listy JCR. Jednakże wykaz ten jest reprezentatywny dla rozpatrywanej tematyki i wyraża aktualny stan wiedzy w rozważanej dziedzinie, co świadczy o akceptowalnym rozeznaniu doktoranta w przedmiocie rozprawy.

4. Rozwiązanie postawionego zadania – można przyjąć, że doktorant rozwiązał problemy wynikające z przyjętego celu i tezy rozprawy, tzn. najogólniej opracował model detektora w *technologii całkowicie dielektrycznej*, zbudowanego z użyciem *próbki granatu domieszkowanego galem i terbem (TGG)*, co w miarę szczegółowo opisał na wstępie rozdziału piątego, na stronach od 60 do 62. Następnie wykonał badania jego właściwości użytkowych, zwłaszcza wyznaczył charakterystyki przetwarzania i kierunkowości tego detektora, co z kolei opisał w podrozdziałach 5.1 i 5.2. Jednakże, z punktu widzenia przedmiotu rozprawy, najbardziej istotne są badania *odpowiedzi tego detektora na zmienne pole magnetyczne*, których to badań wyniki opisano i zilustrowano w podrozdziale 5.3 i 5.5. Stanowiło to punkt wyjścia do kolejnych badań w akredytowanych laboratoriach badawczych, tzn. w Laboratorium Instytutu Kolejnictwa i w Laboratorium Kompatybilności

Elektromagnetycznej na Wydziale Elektroniki WAT. Wyniki tych badań opisano w podrozdziałach 5.4 i 5.6.

Powyżej napisałem: *można przyjąć, że doktorant rozwiązał problemy.....?!...* Jednakże w świetle zapisu tytułu i celu tej rozprawy, gdzie wyraźnie napisano: *...detekcja impulsowych pól elektromagnetycznych dużej mocy*, zaś we Wstępie podano, że *impulsy takie charakteryzują się mocą w impulsie na poziomie rzędu kilku gigawatów*, nasuwa się pytanie: *jak to się ma do scenariuszy badawczych omawianych w rozprawie?! Tak naprawdę, nigdzie nie podano dokładnej pod tym względem specyfikacji sygnału zakłócającego o powyższym charakterze*. Zapis pod tym względem jest rozmyty, nawet jakby to miał być tylko raport z badań, a cóż by powiedzieć o rozprawie naukowej. Autor tej rozprawy jest niewątpliwie specjalistą w dziedzinie, którą opisuje – jednakże na podstawie lektury jej treści niełatwo jest wyrazić: gdzie doktorantowi bliżej, czy do mistrza rzemieślniczego, czy też do naukowca ze stopniem doktora?!

5. Oryginalność rozprawy – przedmiot tej rozprawy zawiera elementy oryginalności, przy czym niewątpliwie oryginalnym jest opracowanie kompozytu *próbki granatu domieszkowanego galem i terbem (TGG)* – jednakże *nie podano żadnych szczegółów dot. tej kompozycji*. Stąd wątpliwość: *kto jest autorem tej kompozycji?* Także do oryginalnych zaliczam rozwiązania układów pomiarowych oraz uzyskane wyniki badań.

6. Poprawność przedstawienia wyników – zasadniczo można przyjąć, że sposób przedstawienia wyników badań zachowuje logiczną ciągłość omawianych zagadnień, zaś przedstawione wnioskowanie jest uzasadnione. Jednakże strona stylistyczna i zwłaszcza redakcyjna nie ułatwia lektury zawartych w niej treści, o czym szerzej poniżej, w następnym punkcie.

7. Słabe strony rozprawy – poza tym, co już napisałem, to przede wszystkim sprawozdawczy styl, bardziej zbliżony do raportu aniżeli do rozprawy naukowej. Całość opisu uwidacznia pośpiech, niekiedy bezrefleksyjny, przy jego redakcji. Natomiast widoczne potknięcia w tym względzie wyrażają poniższe uwagi.

- Zacznę od uwag merytorycznych:

- na s.17, podrozdział 3.1.1, w akapicie (cyt.): *....jest sensorem zbudowanym z dwóch anten dipolowych ustawionych przeciwstawnie względem siebie.....* otóż, nie przeciwstawnie, bo cóż by to miało oznaczać(?), lecz *ortogonalnie*, tzn. w kontekście pomiaru

dwóch składowych ortogonalnych sygnału o dowolnej polaryzacji liniowej, kołowej lub eliptycznej, zaś osie tych dipoli są wzajemnie prostopadłe;

- na tej samej s. 17, u dołu cyt.:*zamiast powierzchni skutecznej pojedynczej anteny jest deklarowana jej powierzchnia całkowita będąca dwukrotnością pojedynczej anteny...(!?)*.....ni przypiął ni przyłatał – jakby powiedział klasyk; Należało napisać: *zamiast wartości skutecznej pojedynczej anteny dipolowej, w przypadku występowania dwóch takich samych anten przyjmuje się ich łączną (wypadkową) powierzchnię skuteczną równą podwójnej wartości powierzchni skutecznej pojedynczej anteny (w tym przypadku pojedynczego dipola)*;

na s.18, zależności (3.6) i (3.7), gdzie podano, że na wyjściu sondy D-dot, tzn. na wyjściach dwóch ortogonalnych dipoli występuje pole elektryczne (natężenie pola elektrycznego) – otóż nie występuje, na wyjściu każdej pobudzonej anteny, zwłaszcza, jak w tym przypadku odbiorczej, występuje napięcie!

- na s. 66, na rys. 5.4 autor zilustrował *charakterystykę kierunkową detektora (czujnika dipolowego)*, która wynika z właściwości kierunkowych takiej anteny, w tym przypadku dla pobudzenia rezonansowego, a więc to nie jest żadne odkrycie tylko rzecz oczywista;

- natomiast w tym miejscu nasuwa się kolejna kwestia: dipol antenowy ma charakter rezonansowy, zatem: *czy doktorant zbadał zmianę właściwości kierunkowych takiego dipola w całym paśmie częstotliwości obejmującym szerokie widmo sygnału impulsowego, zwłaszcza na krańcach tego pasma? Jaki to miało wpływ na zaprezentowane w rozprawie wyniki badań?*

- Poza tym:

- na s. 13, 6 wiersz od góry w akapicie pod zależnością (2.2), cyt.: *Parametry, które powodują, ...* otóż parametry niczego nie powodują, lecz opisują;

- na tej samej s. 13, 2 wiersz od dołu akapitu środkowego, cyt.:*uniemożliwiają zabezpieczenie elektroniki....* otóż nie elektroniki, lecz urządzeń elektronicznych – *elektronika* to jest dziedzina wiedzy lub techniki;

- na s. 14, Tab. 2.1, w kolumnie *wartość* – wiersz 3, zamiast wartości wpisano słowo *dipol*rozumiem, że zmęczenie i pośpiech, chyba raczej niechlujstwo?!

- na s. 15, 1 wiersz pod rys. 2.3, cyt.: *Na podstawie natężenia pola elektrycznego w funkcji czasu.....*moim zdaniem po polsku w zapisie naukowym zdanie to powinno być sformułowane następująco: *na podstawie rozkładu wartości natężenia pola elektrycznego.....*;

- na tej samej s. 15, u dołu, cyt:*składowe na częstotliwościach*..... autor nie umie posługiwać się językiem polskim, powinno być napisane: *składowe o częstotliwościach* ...lub.....*przy częstotliwościach*.....;

- Na koniec uwagi do układu pracy – obrazuje to Spis treści, a mianowicie:

- w Spisie treści, Rozdział drugi zawiera tylko jeden podrozdział, tzn. 2.1, co razi pod względem stylistycznym; zaś zawartość tego rozdziału można było podzielić na dwa podrozdziały, tzn. 2.1: Klasyfikacja impulsów elektromagnetycznych oraz 2.2: Charakterystyka źródła sygnału impulsowego; przy czym występujący w tym miejscu zapis: *Generator DS110 firmy Diehl dostępny na Wydziale Elektroniki* ma charakter zapisu inwentaryzacyjnego;

- dalej w Spisie treści, Rozdział czwarty, podrozdział 4.1: Wykonanie autorskiego układu pomiarowego – ponownie jest to zapis o charakterze sprawozdawczym; należało to zapisać: *Koncepcja układu pomiarowego* lub wprost *układ pomiarowy*;

- w tym samym Rozdziale (czwartym), podrozdział 4.4.1: Wykonane źródło prądowe sterowane napięciowo – uwaga jak powyżej, należało zapisać: *Źródło prądowe sterowane napięciowo*;

- i raz jeszcze Spis treści, podrozdział 5.5: *Analiza sygnału wyjściowego z detektora przy braku pobudzenia*, umieszczony pomiędzy podrozdziałem 5.4: *Pomiary w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji Instytutu Kolejnictwa* i podrozdziałem 5.6: *Pomiary w Laboratorium Kompatybilności Elektromagnetycznej*; takie uporządkowanie jest pozbawione logiki, bo jeśli ta *Analiza*... dotyczy sygnału pomierzonego w jednym z tych Laboratoriów, to powinna być częścią podrozdziału 5.4 lub 5.6. Natomiast, jeśli tak nie było, to podrozdział 5.5 powinien być podrozdziałem 5.4, oczywiście ze zmianą numeracji podrozdziału 5.4 na 5.5;

Reasumując w tym miejscu, niniejsza rozprawa doktorska została napisana w wyrażnie widoczny, nieuporządkowany sposób.

8. Przydatność dla nauk technicznych – jak to zasygnalizowałem na wstępie, temat niniejszej dysertacji jest związany z zagadnieniem wykrywania impulsów pola e-m dużej mocy, jako destrukcyjnego czynnika na potencjalnym współczesnym polu walki. W rozprawie podjęto rozwiązanie problemu wykorzystania do tego magnetoptycznej metody detekcji takich impulsów opartej na zastosowaniu nowego rodzaju czujnika (detektora) zbudowanego na bazie materiału dielektrycznego stanowiącego mieszaninę TGG, tj. granatu

domieszkowanego galem i terbem. Otrzymane w trakcie realizacji rozprawy wyniki badań wskazują na przydatność tej technologii dla celów obronnych.

9. Kategoria rozprawy – reasumując, pomimo powyższych krytycznych uwag stwierdzam, że rozprawa doktorska pt.: *Magnetoptyczna metoda detekcji impulsowych pól elektromagnetycznych dużej mocy*, autorstwa mgr inż. Rafała Białka może być skierowana do publicznej obrony, podczas której oczekuję ustosunkowania się doktoranta do kwestii i pytań zawartych w niniejszej recenzji.



prof. dr hab. inż. Ryszard Katulski