

prof. dr hab. inż. Andrzej Zajac
Instytut Optoelektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa; 9.01.2026r

SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEEITK

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Karola SALWIKA

Wpłynęło dnia 20.01.2026
RD AEEITK. SIO.11/25
Zarejestrowano pod nr
Podpis 

pt:

**„OPTYMALIZACJA DŁUGODYSTANSOWYCH ŚWIATŁOWODOWYCH ŁĄCZY
DO TRANSFERU CZASU I CZĘSTOTLIWOŚCI, ZAWIERAJĄCYCH DWUKIE-
RUNKOWE WZMACNIACZE OPTYCZNE”**

1. Podstawa recenzowania Rozprawy

Niniejsza recenzja została wykonana zgodnie z uchwałą nr. 149/2025 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie - L.Dz. RD AEEITK/ 510.11.4/25/ z dn. 7.11.2025r. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Łukasz Śliwczyński, prof. AGH. Rozprawa wykonana została w Instytucie Elektroniki na Wydziale Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

2. Dane ogólne

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa mgr. inż. Karola SALWIKA pt.: „*Optymalizacja długodystansowych światłowodowych łączy do transferu czasu i częstotliwości, zawierających dwukierunkowe wzmacniacze optyczne*” (tytuł w języku angielskim brzmi: „*Optimization of long-distance fiber-optic links for time and frequency transfer, exploiting bi-directional amplifiers*”) omawia wybrane problemy transferu sygnału czasu i częstotliwości w wydzielonych sieciach światłowodowych. Autor zawarł swoje rozważania na 156 stronicach tekstu. Dysertacja została zredagowana w formie pięciu rozdziałów merytorycznych zatytułowanych kolejno:

- rozdz. 1. *Transfer czasu i częstotliwości w dwukierunkowym łączy światłowodowym* (str. 16-28),
- rozdz.2. *Wykorzystanie modelu dwukierunkowego, dalekosiężnego łączy światłowodowego do optymalizacji jego pracy* (str. 29 – 53),
- rozdz.3. *Inicjalizacja i optymalizacja pracy łączy fizycznych* (str. 54-90),
- rozdz.4. *Wymuszone rozpraszanie Brillouina* (str. 91-121),
- rozdz.5. *Optymalizacja pracy łączy na podstawie oceny jakości przesyłanych sygnałów wykonywanej we wzmacniaczach* (str. 122-138).

Zostały one uzupełnione o: *Streszczenie* (w j. polskim oraz j. angielskim), *Wstęp* (str.10 – 15), *Podsumowanie* (str. 139 -144). Do Rozprawy dołączona została, *Bibliografia* (zawierająca 117 pozycji i zawarta została na str. 145 – 153), oraz dwa Dodatki – Dodatek A – *Przeliczanie wartości*, oraz dodatek B – *Składowe prądu na wyjściu fotodetektora* zawarte na stronach 154 - 156.

W treści Dysertacji brakuje zestawienia stosowanych oznaczeń i skrótów. Poza tym brakiem, formalnie Dysertacja zawiera wszystkie niezbędne elementy, jakie powinny znaleźć się w pracy naukowej.

3. Charakter Rozprawy.

Biorąc pod uwagę tematykę Rozprawy należy stwierdzić, analizowana w Dysertacji tematyka jest niewątpliwie lokowana w Dziedzinie Nauk Inżynieryjno-Technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Automatyka i Technologie Kosmiczne.

Problematyka analizowana przez Doktoranta obejmuje analizę numeryczną światłowodowego systemu dedykowanemu do systemów transferu czasu i częstotliwości. W drugiej części pracy Doktoranta zawarł elementy weryfikacji praktycznej uzyskanych analiz numerycznych. Wyniki modelowania są istotne dla zapewnienia regulacji parametrów technicznych toru światłowodowego pozwalając na jego stabilną pracę. Autor próbuje zdefiniować problem optymalizacji takiego systemu, ale zdaniem recenzenta problem optymalizacji – toru światłowodowego, parametrów pracy systemu czy w końcu uzyskanych dokładności transferu czasu i częstotliwości – jest słabszym fragmentem Rozprawy. Niewątpliwie jednak, stabilna praca takiego systemu umożliwia uzyskanie trwałej synchronizacji wielu systemów naukowych, pomiarowych, telekomunikacyjnych, czy finansowych. Z takiego punktu widzenia tematyka rozprawy jest istotna dla bieżących i przyszłych aplikacji.

Autor Rozprawy na str. 13 i 14 przedstawił trzy tezy stanowiące podstawę analizy realizowanej w dysertacji. Brzmiały one następująco (cytuję):

1. Optymalizacja pracy dwukierunkowego łącza światłowodowego do transferu czasu i częstotliwości, prowadzona w sposób iteracyjny z wykorzystaniem pomiarów wykonywanych w czasie rzeczywistym, pozwala na uzyskanie zbieżnych rezultatów niezależnie od wykorzystanego kryterium decyzyjnego, jak również bez względu na sekwencję, w jakiej wprowadzane są korekty wzmacnień wzmacniaczy.
2. Zjawisko wymuszonego rozpraszania Brillouina może zostać wykryte na podstawie analizy charakterystycznych, nieliniowych zmian prądu fotodiody, w której następuje zdudnianie sygnałów z rozpraszania Rayleigha i Brillouina.
3. W dwukierunkowym łączu światłowodowym możliwe jest lokalne (tj. w zainstalowanych w łączu wzmacniaczach) odwzorowanie warunków panujących na końcach łącza i pozwalających na ocenę jakości jego pracy, w stopniu wystarczającym do ustawienia optymalnego wzmacnienia, bez konieczności wykonania pomiarów w modułach brzegowych.

Analizując treść sformułowanych w Dysertacji tez, trzeba jednak stwierdzić, że tak określone tezy nie są w pełni adekwatne zarówno do aktualnego stanu wiedzy, jak też nie zostały zdefiniowane procedury przywołane w ich treści. W odniesieniu do tezy nr 1, trzeba stwierdzić, że używanie pojęcia „optymalizacja” (problem ten dotyczy zarówno tezy nr 1, jak również w zasadzie całej treści rozprawy), powinno zostać poprzedzone sformułowanie kryteriów optymalizacji. Zdaniem recenzenta w całej treści rozprawy Doktorant skutecznie omija problem sformułowania kryteriów optymalizacyjnych. W całej treści Rozprawy Doktorant analizuje problem doboru wzmacnienia w zabudowanych torze światłowodowym wzmacniaczach. Brak w przeprowadzonej treści Rozprawy analizy odniesienia do zmian parametrów propagowanych sygnałów optycznych przy wprowadzanych znacznych zmianach (wprowadzanych intencjonalnie) wartości wzmacnienia. Ten problem wydaje się warty analizy pod kątem uzyskiwanych niepewności propagowanych sygnałów.

Druga z przywołanych w Dysertacji tez w formie ustalonej w Rozprawie wydaje się oczywista, a jej forma na tyle ogólna, iż trudno się do niej odnieść szczegółowo. Do wyjaśnienia pozostaje zawarte w jej treści stwierdzenie o nieliniowych zmianach prądu fotodiody, w której następuje zdudnianie sygnałów z rozpraszania Rayleigha i Brillouina. Trzecia teza jest adekwatna do zamierzonego przez Doktoranta zakresu badań w obszarze tematu rozprawy.

Zdaniem Doktoranta podstawowym celem prezentowanej Rozprawy było przeprowadzenie badań dotyczących wpływu zjawisk niepożądanych, zachodzących w dwukierunkowych, długodystansowych łączach światłowodowych, na jakość przesyłanych sygnałów użytecznych, oraz na podstawie oceny (pomiaru) jakości transmitowanych sygnałów, przeprowadze-

nie optymalizacji pracy łącza. W zamyśle Autora, optymalizacja taka wykonywana powinna być w działającym łączu, a jej prowadzenie nie może zaburzyć jego pracy. Dla realizacji tak postawionego celu, Doktorant zdefiniował następujące zadania szczegółowe:

- Opracowanie algorytmu sterowania zainstalowanymi w łączu wzmacniaczami na podstawie pomiaru jakości przesyłanych sygnałów. Zagadnienie obejmuje kwestię doboru kryterium decyzyjnego, uwzględniającego wyniki pomiarów wykonanych w odbiornikach znajdujących się na dwóch przeciwległych końcach łącza.
- Opracowanie metody wczesnej detekcji zjawiska rozpraszania Brillouina w momencie, gdy jego wystąpienie nie zaburza pracy łącza w stopniu uniemożliwiającym prowadzenie transmisji sygnałów.
- Zbadanie możliwości właściwego doboru wzmocnień wzmacniaczy i przeprowadzenia optymalizacji pracy łącza w przypadku autonomicznej pracy wzmacniaczy, bez możliwości wymiany informacji pomiędzy zainstalowanymi w łączu urządzeniami.

Tak sformułowane zadania szczegółowe są poprawne i ich realizacja powinna pozwolić na uzasadnienie istotnych tez Dysertacji. Materiał Dysertacji został podzielony na 5 rozdziałów pozwalających na dowiedzenie postawionych tez. Wg stwierdzeń Doktoranta zawartych na stronach 14-15 kolejne rozdziały Dysertacji zawierają (cytuję):

Wstęp stanowi wprowadzenie do obszaru zagadnień, których dotyczy niniejsza dysertacja. W rozdziale tym wskazano także cel i tezy rozprawy. W rozdziale pierwszym opisano koncepcję transferu czasu i częstotliwości przy wykorzystaniu długodystansowych, dwukierunkowych łączy światłowodowych. Przedstawiono także zjawiska, które występują w rozważanych systemach transmisyjnych, a których skutkiem jest pogorszenie jakości przesyłanych sygnałów. Omówiono także ogólną koncepcję optymalizacji pracy łącza poprzez dobór wzmocnień stosowanych w łączu wzmacniaczy optycznych, mającą na celu minimalizację niepożądanych zjawisk i zapewnienie najwyższej możliwej jakości przesyłanych sygnałów. Rozdział drugi opisuje metodę optymalizacji pracy łącza przy wykorzystaniu jego modelu. Szczególny nacisk położono na przedstawienie opisu matematycznego zachodzących w łączu zjawisk. Model stanowił punkt wyjściowy do opisywanych w niniejszej rozprawie problematyki optymalizacji pracy łącza. Narzędzie to było niejednokrotnie wykorzystywane w toku prowadzonych badań, jak również podlegało adaptacji na potrzeby uwzględnienia pierwotnie pominiętych zjawisk. Rozdział trzeci stanowi omówienie koncepcji i realizacji procedur inicjalizacji i optymalizacji pracy łącza, prowadzonych na podstawie wykonywanych w czasie rzeczywistym pomiarów mocy oraz jakości przesyłanych w łączu sygnałów. W rozdziale zawarto opis adaptacji stosowanego w omawianym wcześniej modelu kryterium decyzyjnego minimax, jak również przedstawiono kryteria uproszczone, na podstawie których podtrzymywano bądź wycofywano wprowadzane korekty wzmocnień wzmacniaczy optycznych. Rozważanie teoretyczne poparto wynikami eksperymentów prowadzonych z wykorzystaniem łączy zestawionych w warunkach laboratoryjnych, jak również w łączu zestawionym pomiędzy Warszawą a Łomżą. W rozdziale czwartym poruszono kwestię zjawiska wymuszonego rozpraszania Brillouina, które może doprowadzić do zburzenia działania systemu transferu czasu i częstotliwości. Przedstawiono opis matematyczny rozważanego zjawiska, stanowiący rozwinięcie omówionego w rozdziale drugim modelu łącza. Na podstawie symulacji oraz wykonanych pomiarów, zaproponowano metodę wczesnej detekcji rozpraszania Brillouina, wykorzystującą proces zdudniania w fotodiodzie propagujących wstecznie sygnałów – pochodzących z rozpraszania Brillouina i rozpraszania Rayleigha. W rozdziale piątym przedstawiono koncepcję oraz wyniki badań przeprowadzonych w oparciu o model łącza, dotyczących możliwości autonomicznej pracy wzmacniaczy optycznych, których optymalizacja prowadzona jest na podstawie wykonanych lokalnie pomiarów jakości przesyłanych w łączu sygnałów, bez zapewnienia informacji z innych zainstalowanych w łączu urządzeń. Ostatni rozdział zawiera całościowe podsumowanie pracy.

Można stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa prezentuje rezultaty badań dotyczących optymalizacji pracy długodystansowych, światłowodowych łączy do transferu czasu i częstotliwości. Badane systemy zawierały dwukierunkowe wzmacniacze optyczne. Autor

dysertacji stwierdza, że rozwiązania tego typu wymagają szczególnej uwagi w zakresie doboru wzmacnień, w celu zapewnienia wysokiej jakości przesyłanych sygnałów, co należy interpretować jako wysoką stabilność parametrów i niezawodność pracy łącza. Rozprawa zawiera dwa istotne obszary badań Doktoranta:

1. Analizy numeryczne i modelowanie struktury łącza światłowodowego,
2. Wyniki weryfikacji praktycznej analiz w rzeczywistym łączy światłowodowym.

Pod względem formalnym podział taki jest zasadny i został przez Autora w miarę poprawnie zastosowany.

Załączony do rozprawy wykaz cytowanej literatury zawiera 117 pozycji obejmujących okres publikacji do 2023r – najstarsze źródła literaturowe przywołane są z lat 1980 i 1996, ale są tylko odniesieniem do dziedziny związanej z transferem czasu i częstotliwości. Warto zwrócić uwagę na fakt, że w zamieszczonym zestawieniu cytowanych pozycji literaturowych znajduje się aż 16 pozycji autorstwa lub współautorstwa promotora Rozprawy, w tym 4 z udziałem Doktoranta, z czego w dwu jest On pierwszym Autorem opracowania. Recenzent uważa, że tak liczne odwołania do prac sygnowanych przez promotora Rozprawy (szczególnie w przypadku prac bez udziału Doktoranta) wymaga szczególnej troski w określaniu własnych osiągnięć naukowych Autora prezentowanych w Rozprawie Doktorskiej.

W zestawie cytowanych źródeł znajduje się praca: A.Czubla, R. Osmyk, P. Szterk, Ł. Śliwczyński, P. Krehlik, Ł. Buczek, M. Lipiński, J. Nawrocki, P. Nogaś, D. Lemański, P. Dunst; *Precyzyjny światłowodowy transfer czasu i częstotliwości w relacji GUM-AOS (420 km)*, Metrologia i Probiernictwo – Biuletyn Głównego Urzędu Miar 3(3)/2013 – w spisie źródeł załączonym do Dysertacji podano jednak inną kolejność autorów opracowania (w spisie literatury jest: Śliwczyński, L., Krehlik, P., Czubla, A., Buczek, L., Lipiński, M.). Zespół autorski powyższej publikacji składał się z pracowników Zakładu Elektrycznego GUM (A.Czubla, R. Osmyk, P. Szterk), AGH, Kraków (Ł. Śliwczyński, P. Krehlik, Ł. Buczek, M. Lipiński), oraz AOS CBK PAN, Borowiec (J. Nawrocki, P. Nogaś, D. Lemański, P. Dunst).

3. Rozwiązanie postawionego zadania, właściwość przyjętych metod i założeń.

Zadania szczegółowe zestawione na str. 13 Dysertacji zawierają trzy podstawowe zagadnienia. Problematykę tą można sprowadzić do dwóch obszarów:

- Opracowanie algorytmu sterowania wzmacniaczami w torze światłowodowym. Zadanie to zgodnie z założeniami powinno zostać zrealizowane z wykorzystaniem wyników pomiaru jakości przesyłanych sygnałów. Drugim istotnym problemem jest dobór kryterium decyzyjnego, uwzględniającego wyniki pomiarów wykonanych w odbiornikach znajdujących się w torze światłowodowym. Rozszerzeniem możliwości diagnostycznych/inicjujących pracę złącza jest zbadanie możliwości właściwego doboru wzmacnień wzmacniaczy i przeprowadzenia optymalizacji pracy łącza w przypadku autonomicznej pracy wzmacniaczy, bez możliwości wymiany informacji pomiędzy zainstalowanymi w łączy urządzeniami.
- Opracowanie metody detekcji zjawiska rozpraszania Brillouina i wykorzystaniu tej informacji do określenia momentu, gdy jego wystąpienie nie zaburza pracy łącza w stopniu uniemożliwiającym prowadzenie transmisji sygnałów.

Doktorant w odniesieniu do pierwszego zagadnienia, w rozdz. 2 przedstawił możliwości modelowania propagacji sygnałów optycznych w torze światłowodowym, uwzględniając w modelu występowanie zjawisk niepożądanych. Do takich zjawisk zaliczył rozproszenie Rayleigha, zjawisko wzmacnionej emisji spontanicznej w układach wzmacniaczy, oraz dodatkowo rozproszenie Brillouina.

Brakuje w treści analiz Doktoranta szczegółowego odniesienia do pracy o podobnym zakresie tematycznym - *Precyzyjny światłowodowy transfer czasu i częstotliwości w relacji GUM-AOS (420 km)*.

Doktorant ze szczególnym pietyzmem poddał analizie problem detekcji promieniowania propagującego się w torze optycznym. Warto tutaj zauważyć, że wyrażenie 2.26 (str. 43) za-

wyża wielkość sygnału elektrycznego w foto odbiorniku, ze względu na zawyżenie sprawności kwantowej detektora.

4. Poprawność przedstawienia uzyskanych wyników.

Wyniki prezentowane w pracy są zredagowane poprawnie, strona edytorska rozprawy jest w zasadzie dobra. Przyjęty i zrealizowany w rozprawie tok postępowania w logiczny sposób realizuje zamysł Autora. Podział na część analityczną (zdaniem recenzenta zrealizowana bardzo poprawnie) wprowadza do prób weryfikacji wyników analiz w układzie rzeczywistego toru światłowodowego oraz z uzupełniającymi eksperymentami laboratoryjnymi.

W treści Rozprawy występują błędy edytorskie i językowe oraz nieścisłości w sformułowaniach merytorycznych. W recenzowanej Rozprawie uwidaczniają się także pewne istotne niedociągnięcia, nieścisłości, żargonowe sformułowania i niejednoznaczne stwierdzenia o większym znaczeniu dla jej zawartości. Za istotną uwagę traktuję zrównanie w treści Rozprawy sposobu prezentacji graficznej wyników modelowania i wyników pomiarów – w tym drugim przypadku brak jest określenia niepewności pomiarowej prezentowanych wyników.

Dodatkowym problemem jest brak zdefiniowania wielkości występujących w prezentowanych w Rozprawie zależnościach matematycznych. Przykładem może być wyrażenie (2.43). Jeśli w Rozprawie byłby wykaz oznaczeń tego typu problemów można było łatwo uniknąć.

5. Najważniejsze uwagi krytyczne

W Rozprawie brak odniesienia do nowych opracowań w zakresie transferu czasu i częstotliwości, w tym także prac realizowanych na rodzimej uczelni Doktoranta. Przykładem może być laboratoriów zbudowane w ramach realizacji projektu PIONIER-LAB jest **Rozproszone Laboratorium Czasu i Częstotliwości**. Ma ono na celu dostarczenie precyzyjnych sygnałów czasu i częstotliwości do wszystkich użytkowników sieci PIONIER, niezależnie od ich położenia geograficznego. Swoim zasięgiem obejmuje całe terytorium Polski. Wyposażone są w precyzyjne urządzenia do utrzymywania i przesyłania sygnałów czasu i częstotliwości. Drugim elementem jest rozproszona, ogólnopolska sieć dystrybucji czasu i częstotliwości łącząca pozostałe, regionalne repozytoria i umożliwiającą dostarczanie wysokiej jakości sygnału wzorcowego od użytkowników końcowych. Do realizacji systemu dystrybucji wykorzystano urządzenia wykorzystujące technologię ELSTAB (*ELSTAB-fiber-optic time and frequency distribution technology* – praca z 2026r. P. Krehlik, Ł. Sliwczyński, Member, IEEE, Ł. Buczek, J. Kołodziej, Member, IEEE, and M. Lipiński; *ELSTAB—Fiber-Optic Time and Frequency Distribution Technology: A General Characterization and Fundamental Limits*, IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 63, NO. 7, JULY 2016), która obecnie jako jedyna gwarantuje dokładność transferu czasu na poziomie lepszym niż 100 ps.

Nie wspomniano także o pracach badawczych realizowanych aktualnie na AGH (np. projekt kierowany przez dr. hab. inż. Przemysława Krehlika, prof. AGH z Instytutu Elektroniki oraz zespół w składzie: kierownik projektu, dr hab. inż. Łukasz Śliwczyński, dr inż. Łukasz Buczek pt.: „*Algorytmy i rozwiązania sprzętowe dla synchronizacji i dystrybucji optycznych zegarów atomowych poprzez światłowodowe sieci telekomunikacyjne*”. Z pewnym zdziwieniem przyjąłem także brak Doktoranta w zespole badawczym w tym projekcie.

W wykazie literatury zamieszczona została niepublikowana praca magisterska Doktoranta. Takie działanie jest nie do przyjęcia z dwóch powodów – przywołanie niedostępnej dla czytelnika pracy jest znaczącym błędem Autora. Drugim problemem jaki należy w przypadku zbieżności tematyki pracy dyplomowej i Rozprawy doktorskiej rozwiązać, jest szczegółowe określenie istotnych różnic pomiędzy zakresem tematycznym obydwu prac. Mam nadzieję, że ten problem szczegółowo omówi Doktorant w trakcie publicznej obrony doktoratu.

Przedstawione na str. 39 rozważania (ostatni akapit) dotyczące inwersji obsadzeń (Autor używa pojęcia współczynnik inwersji) w aktywnym włóknie domieszkowanym Er^{3+} wykorzystywane jest przejście na długości fali $1,55\mu\text{m}$, co stanowi o trzypoziomowym modelu ośrodka aktywnego. W takim przypadku N_1 (obsadzenie poziomu podstawowego wynikające ze stężenia domieszki jest prawie zawsze większe od obsadzenia poziomu wzbudzonego - inwersja obsadzeni pozwalająca na wzmocnienie sygnału występuje dla wzbudzenia więcej niż połowy atomów erbu. Osiągnięcie stanu wzbudzenia wszystkich atomów domieszki można określić jako wybielenie ośrodka, i jest ono trudno osiągalne ze względu na czas życia na poziomie wzbudzonym. Formalnie wyrażenie (2.15) zapisane w Rozprawie jest ujemne. I kolejny wniosek z analizy tego wyrażenia wskazuje na fakt, że inwersja obsadzeni dla wzbudzenia wszystkich atomów domieszki (Autor określa taki przypadek idealnym wzmacniaczem) osiąga wartość nieskończoną a nie równą 1.

Na str. 42, w ostatnim akapicie Doktorant stwierdza (cytuje) „Opisywanie zjawisk zachodzących w fotoodbiorniku (detekcja, zdudnianie) można rozpocząć, traktując sygnał optyczny jako falę elektromagnetyczną. Padająca na fotodiodę fala elektromagnetyczna powoduje przepływ prądu (tzw. fotoprąd), którego wartość jest proporcjonalna do kwadratu natężenia pola elektrycznego tej fali...” trzeba stwierdzić, że detekcja promieniowania – traktowanego ze względu na dualizm korpuskularno-kwantowy – jako fala E-M lub strumień fotonów – w oddziaływaniu foton detektor jest jedynym prawdziwym modelem (pragnę przypomnieć nagrodę Nobla dla A. Einsteina z wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego). Uważam, że na poziomie Rozprawy Doktorskiej warto pamiętać o takich problemach. Oczywiście można przeliczyć parametry fali E-M na gęstość fotonów (oraz parametry wzbudzonego fotoprądu) ale podstawowe relacje są istotne.

Na str. 48, drugi akapit od dołu strony, Doktorant stwierdza: „Tym samym niejako w sposób naturalny nasuwa się zastosowanie odstępów sygnał-szum (SNR) jako miary jakości przesyłanych sygnałów.” Warto przypomnieć, że poprawna nazwa tej wielkości – SNR - to **Signal-to-Noise Ratio** czyli Stosunek Sygnału do Szumu, dotyczy raczej możliwości detekcji zaszumionych sygnałów, a przypisanie tej wielkości miary jakości przesyłanych sygnałów wyga głębszej analizy.

W całej pracy Doktorskiej Doktorant stosuje niekonwencjonalne przywołanie źródeł – np. [97], [115]-[116] (str. 92). Podobnie niekonwencjonalnie oznaczane są wyrażenia – np. zamiast wyrażenie (2,20) [80] pojawiają się zapisy wyrażenie[80], a obok wzoru nr wyrażenia.

Na str. 94, pierwszy akapit zostało porównane zjawisko rozproszenia Rayleigha i zjawisko wymuszonego rozpraszania Brillouina – wystarczyło stwierdzenie że to pierwsze (rozproszenia Rayleigha) jest efektem liniowym (bezprogowym), a drugie nieliniowym i występuje od progu zjawiska (wymuszonego rozpraszania Brillouina).

Recenzent uważa także, że w pracy omawiającej układy i urządzenia techniczne stosowanie (i to wcale nie jednorazowo) pojęć opisujących bardzo ogólnie problem, a nie opis poprzez podanie konkretnych wartości i ich uwarunkowań: np. str.62 drugi akapit „...właściwy poziom ...”, trzeci akapit „Pomyślnie ustawienie wymaganego prądu pompy...”, str. 66 ostatni akapit „...wprowadza się niewielkie zmiany...”. Takie frazy występują w wielu innych miejscach Rozprawy. Podobne stwierdzenie ze str. 27 „Biorąc pod uwagę charakter zachodzących w łączy zjawisk, w tym ich zależność od *konkretnego* przypadku łączy (*o określonej strukturze fizycznej* - długości całkowitej, liczbie zastosowanych wzmacniaczy oraz ich lokalizacji, długości odcinków łączących urządzenia), dobór wzmocnień wzmacniaczy *pod kątem zapewnienia możliwie wysokiej jakości przesyłanych sygnałów* z dużym dopuszczalnym marginesem jej zmian, staje się zadaniem złożonym.” Co w przypadku rozważań dotyczących kryteriów optymalizacji takich układów jest zbyt ogólnym podejściem do rozważanych problemów

W trakcie publicznej obrony poproszę o precyzyjne omówienie zjawisk i wynikających z nich wykresów przedstawionych na str. 93 Rozprawy.

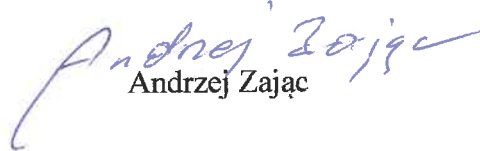
Na str. 97 p.4.2 Autor przywołuje niezdefiniowane „Badania wstępne ...” – poproszę o sprecyzowanie algorytmu tych badań i omówienie uzyskanych konkretnych wyników.

6. Przydatność aplikacyjna rozprawy.

Recenzowana Rozprawa prezentuje możliwości aplikacji torów włóknowych do transferu czasu i częstotliwości. Sam problem aplikacji tego typu nie jest nowatorski. Zaprezentowane w Rozprawie cechy pozwalające na transmisję sygnałów czasu i częstotliwości wskazują na możliwość zestawienia takiego systemu dystrybucji w wielu aplikacjach wymagających precyzyjnych i skorelowanych sygnałów czasu i częstotliwości. Pozwalają także zwiększyć kontrolę nad parametrami toru przesyłowego. Słabą stroną prezentowanych w Dysertacji wyników jest brak określenia dokładności metrologicznej prezentowanego systemu, oraz brak precyzyjnego odniesienia do (wcześniejszych, w tym nawet krajowych) prac poruszających omawianą tematykę.

7. Wniosek końcowy.

Biorąc pod uwagę zakres merytoryczny oraz sposób realizacji Rozprawy, oceniam recenzowaną pracę jako **spełniającą wymagania**. W związku z tym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Karola SALWIKA pt. „**OPTIMALIZACJA DŁUGODYSTANSOWYCH ŚWIATŁOWODOWYCH ŁĄCZY DO TRANSFERU CZASU I CZĘSTOTLIWOŚCI, ZAWIERAJĄCYCH DWUKIERUNKOWE WZMACNIACZE OPTYCZNE**” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w świetle obowiązujących przepisów i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.


Andrzej Zajac

