

Prof. dr hab. inż. Tomasz BOCZAR, prof. zw. PO  
Politechnika Opolska  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Instytut Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej  
Katedra Wysokich Napięć

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Anety Olszewskiej**  
**pt. „Identyfikacja i lokalizacja sygnałów emisji akustycznej w**  
**olejowych transformatorach energetycznych”**

**Podstawa formalna wykonania recenzji:**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrycznego, prof. dr hab. inż. Pawła Sowy, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach, z dnia 1 lipca 2014.

Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Franciszek Witos, prof. Pol. Śl.

**1. Ocena aktualności tematu, cel i zakres rozprawy**

W warunkach konkurencyjnego rynku energii elektrycznej stawiane są przez jej użytkowników coraz większe wymagania, dotyczące niezawodności pracy poszczególnych urządzeń wchodzących w skład systemu energetycznego. W szczególności dotyczy to transformatorów dużych mocy, których koszt wytworzenia jest największy i których awarie powodują znaczne straty finansowe związane nie tylko z kosztem ewentualnej naprawy urządzenia, lecz także z przerwą w dostawie energii elektrycznej. Dlatego w ostatnich latach notuje się dynamiczny rozwój układów kontrolujących pracę transformatorów, które umożliwiają ocenę stanu izolacji, wykonywaną podczas ich normalnej eksploatacji w warunkach przemysłowych. Obecnie do oceny wyładowań elektrycznych wykorzystywane są następujące metody diagnostyczne: elektryczna, chromatografii gazowej oraz emisji akustycznej (EA). Wykonuje się również pomiary o charakterze szacunkowym, wielkości powstającego ciepła, emitowanego światła i zmian ciśnienia w obszarze generacji WNZ. Podstawową zaletą metody EA jest możliwość jej stosowania w bardzo trudnych warunkach eksploatacyjnych, podczas normalnej pracy urządzeń elektroenergetycznych, w których wykonywanie pomiarów WNZ innymi metodami było do tej pory w dużym stopniu utrudnione lub niemożliwe. W oparciu o rezultaty uzyskiwane metodą akustyczną istnieje możliwość detekcji czyli stwierdzenia występowania WNZ oraz określenia miejsc ich generacji w badanym układzie izolacyjnym. Natomiast istotny problem stanowi poprawny pomiar intensywności i ocena wielkości, zmierzonych metodą akustyczną WNZ. Jest to spowodowane występowaniem na drodze propagacji sygnałów EA, generowanej przez WNZ wielu warstw izolacyjnych, najczęściej o różnych wartościach współczynników tłumienia i odbicia fal akustycznych. Podczas diagnostyki papierowo-olejowych układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych metodą akustyczną należy uwzględnić możliwość występowania sygnałów zakłócających, które mogą niekorzystnie wpłynąć na rejestrowane

sygnały EA. Ich obecność może ograniczyć poprawną ocenę uzyskanych wyników, a w konsekwencji uniemożliwić skuteczną identyfikację występujących form WNZ i powiązanych z nimi defektów badanej izolacji. Tym samym mogą mieć wpływ na poprawną ocenę stanu mierzonego układu izolacyjnego transformatora elektroenergetycznego.

W ostatnich latach rozwój metody EA powodowany jest poprzez doskonalenie układów umożliwiających pomiar i analizę sygnałów generowanych przez WNZ, w których stosuje się najnowsze osiągnięcia elektroniki cyfrowej i technologii komputerowej. Ponadto związany jest z zastosowaniem coraz bardziej zaawansowanych procedur numerycznych i wyrafinowanych metod obliczeniowych, wykorzystywanych w celu doskonalenia sposobów interpretacji uzyskiwanych wyników, czego rezultatem jest zwiększenie poprawności oceny stanu mierzonej izolacji. Należy podkreślić, że od ponad 10 lat prowadzone są intensywne prace naukowo-badawcze na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, zapoczątkowane przez prof. dra hab. inż. Zbigniewa Gacka i kontynuowane przez dra hab. inż. Franciszka Witosa, których celem jest ulepszenie narzędzi identyfikacyjnych wykorzystywanych w metodzie EA, a w konsekwencji opracowanie skutecznej metodologii i systemu, umożliwiającego ocenę badanej izolacji w czasie wykonywanych on-line pomiarów transformatorów elektroenergetycznych.

Recenzowana rozprawa stanowi kontynuację prowadzonych badań, a jej tematyka związana jest z doskonaleniem sposobów przetwarzania uzyskanych danych pomiarowych, w celu zwiększenia prawdopodobieństwa uzyskania prawidłowej diagnozy badanego układu izolacyjnego. Głównym zamierzeniem rozprawy doktorskiej mgr inż. Anety Olszewskiej było wykonanie kompleksowej analizy sygnałów EA, które zostały zarejestrowane dla sześciu pracujących transformatorów energetycznych, w celu rozpoznawania typu ich źródła oraz zastosowanie autorskiej metody stopnia zaawansowania sygnałów do lokalizacji miejsc generacji WNZ.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że prezentowane w rozprawie wyniki zostały szeroko zaprezentowane w artykułach naukowych, w tym aż 8 z tzw. listy filadelfijskiej i referatach konferencyjnych.

**Reasumując, podjęta w rozprawie problematyka jest aktualna, ważna merytorycznie, ma duże znaczenie naukowe i poznawcze, a przede wszystkim może znaleźć techniczną implementację w badaniach diagnostycznych układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych wykonywanych przy zastosowaniu metody EA.**

## 2. Charakterystyka rozprawy

Przedłożona rozprawa doktorska mgr inż. Anety Olszewskiej liczy 137 stron zwartego tekstu, składa się z osiem rozdziałów głównych obejmujących 118 stron, spisu wykorzystanych w pracy oznaczeń i skrótów, dwóch załączników oraz spisu literatury zawierającego 132 pozycje, w tym 3, których Doktorantka jest autorką (poz. 86-88).

Przegląd został przygotowany rzetelnie, zarówno pod względem merytorycznym, jak również redakcyjnym. Jest usystematyzowany poprzez posortowanie alfabetyczne w mojej ocenie i jest wystarczający. Na podkreślenie zasługuje także jednolity sposób opisu poszczególnych cytowań i ich przytaczania w tekście rozprawy. W cytowanych pozycjach brakuje mi jedynie dwóch monografii habilitacyjnych, odpowiednio dra hab. inż. Sebastiana Boruckiego, prof. PO i dra hab. inż. Andrzeja Cichonia, prof. PO.

Niestety, w całej rozprawie brak jest jakiegokolwiek konsekwencji w zastosowaniu skrótów EA i WNZ.

Rozdział **pierwszy** stanowi ogólne wprowadzenie do zaproponowanej w rozprawie tematyki, w którym Doktorantka przedstawiła aktualne możliwości, a także ograniczenia w

zastosowaniu metody EA w diagnostyce wysokonapięciowych układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych. Ponadto w sposób syntetyczny uzasadniła wybór podjętej problematyki, a także przedstawiła genezę wykonanych prac naukowo-badawczych.

W rozdziale **drugim** Doktorantka określiła cel główny i cele szczegółowe oraz zakres pracy, a także sformułowała trzy tezy swojej rozprawy, które są następujące:

1. Możliwe jest rozróżnienie sygnałów emisji akustycznej pochodzącej od różnych źródeł w olejowych transformatorach energetycznych.

2. Możliwa jest lokalizacja źródeł wyładowań niepełnych autorską metodą stopnia zaawansowania sygnału.

3. Możliwe jest określenie zbioru deskryptorów emisji akustycznej umożliwiających analizę sygnałów EA zarejestrowanych w olejowych transformatorach energetycznych i pochodzących wyłącznie od akustycznych źródeł związanych z wyładowaniami niepełnymi.

W moim przekonaniu Doktorantka prawidłowo i w sposób przemyślany sformułowała tezy rozprawy, które konsekwentnie, w logicznym ciągu pracy udowodniła. Sugerowałbym jedynie zastąpienie słowa „*pochodzących*” na *emitowanych* lub *generowanych*, jako sformułowań bardziej technicznych, które powszechnie wykorzystywane są w teorii sygnałów (dotyczy to także tłumaczenia na język angielski). Ponadto uważam, że sformułowanie „*rozróżnianie* sygnałów emisji akustycznej”, jak również „*umożliwiających analizę* sygnałów EA” mogłoby być z powodzeniem zastąpione bardziej precyzyjnym wyrazem, tj. „*identyfikacja*”, co dodatkowo w sposób bezpośredni nawiązuje do zaproponowanego tytułu rozprawy.

Rozdział **trzeci** ma charakter teoretyczny i zawiera charakterystykę wszystkich podstawowych źródeł sygnałów akustycznych, jakie mogą występować podczas pomiarów diagnostycznych, wykonywanych przy zastosowaniu metody EA w transformatorach elektroenergetycznych w warunkach ich normalnej eksploatacji. W sposób szczegółowy opisano zjawisko WNZ, podano ich klasyfikację, a także sposoby lokalizacji ich źródeł. Ponadto scharakteryzowano wykorzystywane obecnie metody pomiarowe WNZ, ze szczególnym uwzględnieniem metody EA. W kolejnych podrozdziałach scharakteryzowano kolejno zjawiska fizyczne, zachodzące podczas magnesowania materiałów ferromagnetycznych, sygnały wibroakustyczne generowane pracą transformatora elektroenergetycznego i źródła zakłóceń, jakie mogą występować podczas pomiarów diagnostycznych układów izolacyjnych wykonywanych metodą EA.

W rozdziale **czwartym** Doktorantka w sposób ogólny przedstawiła zastosowaną metodę pomiaru i analizy zarejestrowanych sygnałów EA. W szczególności scharakteryzowano wykorzystane przetworniki pomiarowe, system pomiarowy DEMA-COMP, zastosowane oprogramowanie do wizualizacji, rejestracji, przetwarzania i analizy mierzonych sygnałów EA.

Rozdział **piąty** poświęcony jest badaniom sygnałów EA, które zarejestrowano podczas pomiarów wykonanych dla sześciu transformatorów elektroenergetycznych. W kolejnych podrozdziałach scharakteryzowano badane jednostki transformatorowe, metodykę prowadzonych badań związanych z identyfikacją i lokalizacją źródeł generacji sygnałów EA. Przy czym szczególną uwagę poświęcono metodzie obliczania map deskryptorów. W części wynikowej przedstawiono przykładowe mapy deskryptora ADC, które wyznaczono dla jednego z badanych transformatorów energetycznych, oddzielnie dla kilku wybranych pasm częstotliwości.

W rozdziale **szóstym** przedstawiono wyniki analiz podstawowych i zaawansowanych sygnałów EA, które zarejestrowano podczas badań przeprowadzonych na obiektach rzeczywistych. Analizy wykonano oddzielnie każdego z wybranych charakterystycznych

pasem częstotliwości. Na podstawie uzyskanych rezultatów Doktorantka rozróżniła cztery następujące źródła sygnałów akustycznych: szумы toru pomiarowego, WNZ, zjawiska zachodzące podczas magnetyzacji materiałów ferromagnetycznych oraz zakłócenia. W kolejnych podrozdziałach zostały przedstawione, a następnie szczegółowo przeanalizowane przebiegi czasowe, charakterystyki częstotliwościowe, fazowo-czasowe, a także uśrednione charakterystyki fazowe oraz uśrednione spektrogramy STFT, osobno z czterech rozróżnianych źródeł sygnałów EA. Dodatkowo, w celu ułatwienia prawidłowej identyfikacji w/w źródeł, w formie tabelarycznej zestawiono porównawczo wartości pięciu wybranych deskryptorów (ADP, ADC, ADNC,  $U_{\text{MIN-MAX}}$ ,  $U_{\text{RMS}}$ ), które wyznaczono oddzielnie dla wybranych zakresów częstotliwości.

W rozdziale **siódmym** zestawiono wyniki badań dotyczących lokalizacji źródeł WNZ, generowanych w układach olejowych izolacyjnych transformatorów energetycznych zmierzonych metodą akustyczną. Analizy przeprowadzono przy wykorzystaniu metody stopnia zaawansowania sygnałów, opartej na wyznaczonych mapach rozkładu wybranych deskryptorów, a rezultaty przedstawiono oddzielnie dla każdego z analizowanych transformatorów.

Na podstawie uzyskanych i zaprezentowanych w rozprawie wyników Doktorantka sformułowała wnioski zarówno o charakterze szczegółowym, jak i ogólnym, które przedstawiła w rozdziale **ósmym**. Stanowią one potwierdzenie założonych w rozprawie tez. Ponadto w sposób ogólny określono propozycje kierunków kontynuacji zapoczątkowanych w doktoracie prac naukowo-badawczych.

Część wynikowa rozprawy została uzupełniona o **Załącznik 1**, w którym zaprezentowano sześć rysunków ilustrujących mapy deskryptora ADC, wyznaczone dla ścian bocznych kadzi badanych transformatorów, jakie obliczono dla wybranych pasm częstotliwości. **Załącznik 2** stanowią informacje o dorobku publikacyjnym Doktorantki oraz zestawienie uzyskanych nagród i wyróżnień.

Zaproponowany układ pracy jest czytelny, a kolejne rozdziały tworzą logiczną całość.

Za najważniejsze w rozprawie uważam rozdziały **5, 6, 7**, w których zostały przedstawione wyniki przeprowadzonych badań i analiz sygnałów EA, zarejestrowanych na rzeczywistych transformatorach energetycznych, których celem była identyfikacja i lokalizacja ich źródeł.

**Reasumując, podjęte w rozprawie zagadnienia zostały sprecyzowane jednoznacznie i w mojej ocenie mają rangę naukową odpowiadającą rozprawom doktorskim.**

### 3. Główne osiągnięcia rozprawy

**Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktorantki zaliczam:**

- przeprowadzenie pomiarów w warunkach przemysłowych sygnałów EA dla sześciu transformatorów energetycznych, z zastosowaniem układu pomiarowego i metodyki opracowanych przez Jej promotora;
- wykonanie podstawowej i zaawansowanej analizy zarejestrowanych sygnałów EA, w wybranych pasmach częstotliwości, w celu identyfikacji ich źródeł, przy czym Doktorantka wykorzystwała opracowane wcześniej w Katedrze Optoelektroniki procedury i narzędzia obliczeniowe;
- wykazanie przydatności zaproponowanych analiz i wyselekcjonowanej grypy deskryptorów do rozróżniania następujących źródeł sygnałów akustycznych: szумы

toru pomiarowego, WNZ, zjawiska związane z magnetyzacją materiałów ferromagnetycznych oraz zakłócenia, co może znaleźć w przyszłości praktyczną implementację w badaniach diagnostycznych układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych wykonywanych przy użyciu metody EA;

- zaproponowanie i ocena przydatności możliwości praktycznego wykorzystania autorskiej metody stopnia zaawansowania sygnału EA do lokalizacji miejsc generacji WNZ. Należy podkreślić, że takie podejście jest nowe i nie ma odpowiednika w literaturze, a uzyskane wyniki zostały zweryfikowane innymi metodami diagnostycznymi lub bezpośrednio rewizją badanych transformatorów.

**W moim przekonaniu, przedstawione wyżej osiągnięcia Doktorantki uzasadniają Jej kompetencje naukowe i rekomendują Ją do stopnia naukowego doktora.**

#### 4. Uwagi do rozprawy

Uwagi i zastrzeżenia dotyczące ocenianej rozprawy podzieliłem na dwie grupy:

- uwagi merytoryczne (11),
- uwagi redakcyjne (3).

##### 4.1 Uwagi merytoryczne

1. Jak uzyskane wyniki w zakresie drgań wibroakustycznych korespondują do rezultatów prezentowanych w monografii habilitacyjnej dra hab. inż. Sebastiana Boruckiego zatytułowanej „*Diagnostyka rdzeni transformatorów metodami wibroakustycznymi*” oraz opisywanych w cyklu publikacji m.in. w artykule pt. „*Diagnosis of Technical Condition of Power Transformers Based on the Analysis of Vibroacoustic Signals Measured in Transient Operating Conditions*” opublikowanym w IEEE Transactions on Power Delivery, (Vol. 27, Issue: 2) w 2012 roku? Jak Doktorantka wytłumaczy zastosowanie piezoelektrycznych przetworników stykowych w miejsce dedykowanych do pomiaru drgań akcelerometrów ?

2. Proszę o uszczegółowienie wkładu własnego Doktorantki do metody analizy pomiarów, otrzymywanych przy zastosowaniu metody EA, opracowanej w ramach rozprawy habilitacyjnej przez Jej promotora dra hab. inż. Franciszka Witosa, prof. Pol. Śl. W szczególności dotyczy to wyboru deskryptorów, układu pomiarowego, sposobu interpretacji wyników, sposobu lokalizacji źródeł EA generowanych przez WNZ, a także udziału w badaniach diagnostycznych sześciu transformatorów elektroenergetycznych. Ponadto proszę w sposób jednoznaczny określić, jaki jest udział Doktorantki w opracowaniu „*autorskiej metody stopnia zaawansowania sygnału*”, „*autorskiej metody rejestracji i analizy sygnałów EA*”, „*zmodyfikowanej metody najwyższej głośności*” oraz „*autorskiego układu pomiarowego*” ?

3. W dysertacji brak jest jakiegokolwiek opisu błędów i niedokładności pomiarów, wynikających z zastosowanej metody i układu pomiarowego, a na wykresach brakuje zaznaczenia niepewności pomiarów, która może wpływać na właściwą ocenę badanych zjawisk. Jeżeli nie było możliwe przeprowadzenie wystarczającej liczby pomiarów tak, aby określić rozkład gęstości prawdopodobieństwa, odchylenie standardowe lub inny parametr wyznaczony metodą typu A, to należało wykorzystać dane podawane w specyfikacji przyrządów pomiarowych. Jak zatem należałoby oszacować czułość i dokładność proponowanej przez Autorkę metody ?

4. W rozprawie prezentowane są liczne spektrogramy (dwu- i trój-wymiarowe), jakie każdorazowo obliczono dla zarejestrowanych sygnałów EA; proszę określić, które z nich ilustrują widma gęstości mocy, a które widma amplitudowe (np. dla rys. 6.11). Za pomocą

jakich zależności zostały one wyznaczone? Ponadto proszę zdefiniować określenie: uśrednione spektrogramy STFT. Ponadto, jak typ okna czasowego zastosowano podczas wyznaczania spektrogramów przy zastosowaniu krótkoczasowego przekształcenia Fouriera (STFT) dla zarejestrowanych sygnałów EA Na jakiej podstawie zostało ono dobrane i czy badano wpływ typu okna na uzyskiwane wyniki analizy czasowo-częstotliwościowej ?

5. W pomiarach wykorzystano trzy typy piezoelektrycznych przetworników stykowych (R6, WD i D9241A), które w sposób zasadniczy różnią się kształtem charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych, a przede wszystkim zakresami pasm przenoszonych częstotliwości (odpowiednio: 30-100 kHz; 100-900 kHz i 20-180 kHz). W jaki sposób, przy interpretacji uzyskanych wyników, został uwzględniony znaczący wpływ zmian wzmocnienia dla poszczególnych częstotliwości rejestrowanych sygnałów EA, dla danego przetwornika (np. rys. 6.1), a także przy analizie porównawczej rezultatów otrzymanych różnymi czujnikami. Jak Doktorantka skomentuje zastosowanie analizy wartości wybranych deskryptorów w pasmach do 200 kHz, jeżeli z charakterystyk przenoszenia przetworników R6 i D9241A wynika, że są one ograniczone odpowiednio do 100 kHz i 180 kHz ?

6. Proszę o dokonanie analizy porównawczej wyników, świadczących o występowaniu WNZ w przełączniku zaczepów, które zostały zaprezentowane w dysertacji z rezultatami przedstawionymi w monografii habilitacyjnej dra hab. inż. Andrzeja Cichonia pt. „*Nowa metoda diagnostyki stanu technicznego podobciążeniowych przełączników zaczepów*” i cyklu związanych tematycznie publikacji naukowych.

7. Proszę określić w jakim stopniu i zakresie uzyskane wyniki przeprowadzonych przez Doktorantkę analiz akustycznych sygnałów zakłócających korespondują z rezultatami prezentowanymi w mojej monografii zatytułowanej „*Analiza zakłóceń w pomiarach akustycznych wyładowań niezupełnych*”.

8. Proszę o uszczegółowienie sformułowania: „...  $r$  – współczynnik korelacji między krzywą opisującą fragment rozkładu amplitudowego a jego aproksymacją, z której wyznaczono wartość deskryptora ...” i graficzną ilustrację wyznaczonych zależności. Z prezentowanych w tabelach wyników wynika, że zostały wyznaczone wartości współczynnika korelacji liniowej Pearsona. Czy w związku z powyższym Doktorantka przeprowadziła ocenę jego istotności przy zastosowaniu metod wnioskowania statystycznego, czy wyznaczyła diagramy korelacyjne ? Czy uzyskane zależności mają charakter funkcyjny, czy probabilistyczny ? Która z analizowanych wartości jest zmienną zależną, a która niezależną ? Ponadto, jaką metodę aproksymacyjną zastosowała Doktorantka i czym ten wybór był podyktowany ?

9. Prosiłbym o uszczegółowienie sformułowania „... deskryptory nadają sygnałom EA stopień zaawansowania, który jest powiązany ze stopniem zachodzących w urządzeniach procesów deformacyjnych ...” (str. 8-9). Ponadto, co oznacza „zaawansowany proces degradacyjny”, „pojedynczy proces deformacyjny” czy „WNZ o małym stopniu zaawansowania” i jakie kryterium zastosowano w celu określenia stopnia zaawansowania ?

10. W pracy brak jest informacji dotyczącej powtarzalności uzyskiwanych wyników pomiarów sygnałów EA. Czy Doktorantka analizowała ten problem i czy rozważała wpływ czynników metrologicznych, które mogłyby ją zakłócać ?

11. Co oznacza pojęcie „stopa zliczeń EA” (str. 44) ?

## 4.2 Uwagi redakcyjne

1. Moim zadaniem rozprawa została zredagowana bardzo poprawnie, zawiera tylko nieliczne błędy redakcyjne. Przede wszystkim dotyczy to sformułowań niepoprawnych stylistycznie, łatwych do wyeliminowania powtórzeń, czy niezręczności językowych, których wybrane przykłady przedstawiłem poniżej, a które nie wpływają w sposób znaczący na jej wysoką ocenę merytoryczną. Na podkreślenie zasługuje także brak błędów ortograficznych,

interpunkcyjnych, czy tzw. literówek. Natomiast wszystkie dostrzeżone przez mnie błędy redakcyjne zaznaczyłem bezpośrednio w rozprawie.

- Doktorantka posługuje się w pracy językiem technicznym, jednak nie ustrzegła się przed zastosowaniem kilkunastu mało precyzyjnych zwrotów i sformułowań np.:
  - „... o dużych wartościach ...” (str. 58);
  - „... wykorzystywane tory pomiarowy jest niewielki ...” (str. 59);
  - „... maksima od dużych wartościach ...” (str. 61);
  - „... istotne jest duże podobieństwo ...” (str. 63);
  - „... jest on rejestrowany są szerokie ..” (str. 67);
  - „... nie ma obszarów o dużych wartościach ...” (str. 70);
  - „... są duże w całym ...” ( str. 70);
  - „... sygnał są szerokie ...” (str. 79);
  - „... sygnały rejestrowane są w szerokich zakresach faz ...” (str. 97) itd.
- Doktorantka często stosuje powtórzenia w zdaniach, które mogłyby być w prosty sposób wyeliminowane np.:
  - „... analizy sygnałów emisji akustycznej do badań sygnałów EA ...” (str. 11);
  - „... przy rozróżnianiu WNZ można wyróżnić takie formy WNZ ...” (str. 15);
  - „... różnorodnym zjawiskom, w tym zjawiskom ...” (str. 18);
  - „... w badaniach WNZ metodą EA ... i analizą sygnałów EA pochodzących od źródeł WNZ ...” (str. 20);
  - „... od WNZ jest znacznie wytłumiony .... W lokalizacji źródeł WNZ ...” (str. 22);
  - „... remont i wpłynąć na jego zakres ... skrócić czas trwania tego remontu ...” (str. 22);
  - „... sygnałom EA pochodzącym od WNZ towarzyszą sygnały akustyczne ...” (str. 20);
  - „... zdefiniowany stopień zaawansowania sygnału ... „ (str. 45);
  - „... analizy sygnałów EA ... przy czym analizę przeprowadzono ...” (str. 58);
  - tytuł rozdziału 6 (str. 58) – trzy razy sygnał;
  - „... sygnału; sygnał ...” (str. 67);
  - „... granic domen, ruch tych granic i anihilacja granic ..” (str. 84) itd.
- Przykłady sformułowań niepoprawnych stylistycznie:
  - jest „sformułowanie wnioski” a powinno być „sformułowanie wniosków” (str. 13);
  - „... źródeł rozmaitych WNZ ...” (str. 19);
  - „... nadające się do obserwacji ...” (str. 20);
  - „... w wyniku zszycia takich ...” (str. 41);
  - „... Warto dodać, że ...” (str. 73);
  - „... znacznie wolniejsze malenie sygnału ...” (str. 93) itd.

2. Moje zastrzeżenia budzi sposób prezentacji graficznej uzyskanych wyników pomiarowych. W szczególności dotyczy to:

- przeskalowanych lub uciętych opisów osi i jednostek na praktycznie wszystkich wykresach, co w konsekwencji zmniejsza, a w niektórych przypadkach uniemożliwia ich odczytanie i poprawną interpretację,
- braku konsekwencji we wprowadzaniu ramek dla poszczególnych wykresów,
- nieczytelnych wielokrotności jednostek podstawowych wpisywanych bezpośrednio przed wartościami liczbowymi,
- braku konsekwencji w sposobie formatowania opisu poszczególnych osi na wykresach,
- zastosowania innych wielkości czcionek przy opisach osi i wartościach dla poszczególnych wykresach,

- braku konsekwencji w stosowanych opisach – opisy osi po angielsku, natomiast przy oddzielaniu części całkowitej i ułamkowej wartości zastosowano standaryzację wykorzystywaną w Polsce (przecinek zamiast kropki),
  - braku, przy prezentowanych spektrogramach, paska palety kolorów, gdzie poszczególne barwy odpowiadają odpowiednim wartościom amplitud wyznaczonych widm.
3. Brak cytowań we rozdziale Wprowadzenie na str. 7 oraz w podrozdz. 3.2 (str. 22), a także w podrozdz. 3.2.6 (str. 29),

**Zawarte w recenzji uwagi i zastrzeżenia nie wpływają w sposób znaczący na wartość merytoryczną rozprawy, proszę jednak Doktorantkę o odniesienie się do nich przed obroną. Praca nie wymaga w związku z tym zmian ani uzupełnień.**

## 5. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy aktualnego i oryginalnego zagadnienia naukowego. Należy do prac doskonalących metody numerycznego opracowywania wyników uzyskiwanych w diagnostycznych pomiarach układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych wykonywanych przy zastosowaniu metody EA.

Przedstawiona rozprawa stanowi kompleksowe ujęcie zagadnień związanych z podstawową i zaawansowaną analizą sygnałów EA, zarejestrowanych podczas badań, wykonanych na pracujących transformatorach elektroenergetycznych, których celem było określenie możliwości identyfikowania czterech podstawowych ich źródeł, które w sposób jednoznaczny zostały zdefiniowane przez Doktorantkę. Ponadto zaproponowano autorską metodę lokalizacji źródeł WNZ mierzonych metodą EA, jakie mogą występować w izolacji papierowo-olejowej transformatorów mocy.

Uzyskane wyniki mają duże znaczenie poznawcze i naukowe, stanowią poszerzenie możliwości interpretacji wyników pomiarowych uzyskiwanych metodą EA oraz mają dobre perspektywy praktycznego wykorzystania w nieniszczącej diagnostyce wysokonapięciowych układów izolacyjnych transformatorów elektroenergetycznych.

Główne cele rozprawy były konsekwentnie realizowane i zostały osiągnięte. Doktorantka wykazała się dobrym opanowaniem wiedzy teoretycznej, przede wszystkim z zakresu szeroko pojętej elektrotechniki, w tym znajomością i umiejętnością wykorzystania zaawansowanych technik obliczeniowych oraz metod przetwarzania i analizy sygnałów, a także umiejętnością prowadzenia badań na rzeczywistych obiektach energetycznych w warunkach przemysłowych oraz samodzielnością formułowania i rozwiązywania problemów o charakterze naukowym.

Za pewną słabość uważam wykorzystanie przez Doktorantkę podczas realizacji zaplanowanych prac naukowo-badawczych gotowych układów i stanowisk pomiarowych, oraz metodologii, a także oprogramowania komputerowego służącego do analizy uzyskanych wyników, które zostały opracowane głównie przez Jej promotora.

Uważam, że recenzowana praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku z wprowadzonymi poprawkami obowiązującymi od 11 października 2011 r. Dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie przez Radę Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach, mgr inż. Anetę Olszewską do publicznej obrony przedłożonej rozprawy.

