



GLIWICE, 2014.07.30

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Pustelny
Katedra Optoelektroniki
Politechnika Śląska
e-mail: tpustelny@polsl.pl

Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Anety Olszewskiej pt.:

„Identyfikacja i lokalizacja sygnałów emisji akustycznej w olejowych transformatorach energetycznych”

Praca doktorska została wykonana pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Franciszka Witosa, profesora nzw. Politechniki Śląskiej, w Katedrze Optoelektroniki Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej.

Wyniki swoich badań literaturowych, badań eksperymentalnych oraz analiz numerycznych Pani mgr inż. Aneta Olszewska zawarła na 127 stronach maszynopisu (objętość pracy wraz ze spisem Literatury). Praca zawiera 65 rysunków, wykresów i zdjęć oraz 11 tabel. (W rzeczywistości ilość rysunków jest istotnie (wielokrotnie) większa, gdyż pod jednym numerem Doktorantka często umieszcza kilka a nawet kilkanaście spektrogramów czy charakterystyk.) Bogata prezentacja graficzna wyników badań ułatwia analizę zawartych w rozprawie treści. Pracę kończą dwa Załączniki, które tworzą: *Mapy deskryptora ADC na ścianach bocznych kadzi transformatorów T1-T6 w wybranych pasmach częstotliwości* oraz *Dorobek naukowy doktorantki*. Już w tym miejscu chciałbym się z uznaniem odnieść do dorobku naukowego Doktorantki, który m.in. stanowi: 8 prac z listy ISI, w tym jedna praca samodzielna i 7 prac współautorskich. W spisie literatury, Autorka podaje 132 pozycje, do których odwołuje się w swojej dysertacji doktorskiej. Są tu zarówno prace nowe z lat 2008-2012 jak również prace wcześniejsze, jeszcze z ubiegłego wieku (nawet z lat 70-tych XX stulecia). W większości są to prace anglojęzyczne, istotne dla analizowanych w dysertacji zagadnień diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych metodą emisji akustycznej. W tej grupie jest 5 prac autorstwa Doktorantki lub z jej współautorstwem.

Praca zawiera wykazu stosowanych oznaczeń i skrótów, co ułatwia jej lekturę.

1. Tematyka rozprawy doktorskiej

Praca doktorska Pani mgr inż. Anety Olszewskiej, zgodnie z jej tytułem, dotyczy problemu diagnostyki transformatorów energetycznych metodą emisji akustycznej.

Nie trzeba uzasadniać, że zasadniczą rolę w gospodarce każdego kraju odgrywa jego system elektroenergetyczny. W systemie tym bardzo ważną funkcję pełnią wysokonapięciowe olejowe transformatory energetyczne. Wczesna, a przede wszystkim rzetelna i wiarygodna diagnostyka transformatorów energetycznych może zapobiegać nieprzewidzianym awariom i wyłączeniom tych urządzeń z eksploatacji, często o ogromnych konsekwencjach finansowych dla gospodarki i jednostek zajmujących się produkcją i dystrybucją energii.

Istotnym źródłem informacji o stanie technicznym izolacji transformatorów energetycznych są powstające w ich izolacji elektryczne wyładowania niezupełne (WZN). Wyładowania te powodują degradację izolacji, przyspieszając procesy starzeniowe w transformatorze. Dla oceny stanu izolacji w transformatorze energetycznym ważna jest nie tylko detekcja wyładowań niezupełnych ale przede wszystkim ocena ich intensywności i ich lokalizacja. Z wielu powodów ważnym jest aby proces diagnostyczny mógł być realizowany w warunkach normalnej pracy transformatorów energetycznych. Taką techniką badawczą jest już coraz powszechniej stosowana metoda emisji akustycznej. W diagnostyce układów izolacyjnych transformatorów energetycznych metoda emisji akustycznej stanowi bardzo wartościowe uzupełnienie metod elektrycznych oraz metody chromatografii gazowej. Metoda emisji akustycznej stwarza możliwości obserwacji procesów degradacji izolacji w transformatorze poprzez monitorowanie wyładowań niezupełnych bez konieczności wyłączenia badanego obiektu. O istotności metody emisji akustycznej w diagnostyce urządzeń elektroenergetycznych świadczy umieszczenie jej w aktach normatywnych dotyczących badań eksploatacyjnych transformatorów dużej mocy.

Możliwości wykorzystaniem metody emisji akustycznej w diagnostyce stanu izolacji transformatorów energetycznych w oparciu o pomiary wyładowań niezupełnych są aktualnie szeroko badane w różnych ośrodkach w świecie, w tym w: Niemczech, Francji, Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Japonii, Chinach, Australii,...

Również w Polsce badania takie prowadzone są szeregu lat, m.in. w Politechnice Opolskiej, w Politechnice Śląskiej, w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. W Politechnice Śląskiej badania nad wykorzystaniem metody emisji akustycznej w diagnostyce urządzeń elektroenergetycznych są rozwijane od lat na Wydziale Elektrycznym w grupie profesora Franciszka Witosa – promotora niniejszej rozprawy doktorskiej. Badania te często

realizowane są przy współpracy z Zakładem Enegeomiar-ELEKTRYKA Sp.z oo w Gliwicach.

W aspekcie naukowym problem podjęty w dysertacji doktorskiej Pani mgr Anety Olszewskiej polega na poszerzeniu wiedzy o mechanizmach fizycznych towarzyszących wyładowaniom niezupełnym w transformatorach olejowych. W aspekcie technicznych podjęte badania mają wzbogacić doświadczenie w zakresie lokalizacji wyładowań niezupełnych w transformatorze i umożliwić ich skuteczniejszą i wiarygodną detekcję.

Już w tym miejscu pragnę podkreślić, że tematyka rozprawy jest bardzo atrakcyjna w aspekcie przyszłych potencjalnych zastosowań w diagnostyce olejowych transformatorów energetycznych.

Tematyka pracy doktorskiej Pani mgr inż. Anety Olszewskiej wpisuje się w nurt aktualnych i ważnych problemów współczesnej metrologii urządzeń i systemów elektroenergetycznych.

2. Teza rozprawy doktorski

Celem pracy doktorskiej mgr Anety Olszewskiej jest (cytat): „... *określenie możliwości zastosowania autorskiej metody rejestracji i analizy emisji akustycznej (EA) do badań sygnałów EA w rzeczywistych olejowych transformatorach energetycznych pochodzących z różnych źródeł*” (koniec cytatu).

Cel pracy sformułowany jest jasno, choć może zbyt ogólnie. Doktorantka jednak formułuje 6 celów szczegółowych, wyjaśniających cel „główny” rozprawy.

Mgr Anata Ollszewska formułuje trzy następujące tezy swojej pracy doktorskiej (cytat):

Teza 1:

„Możliwe jest rozróżnienie sygnałów emisji akustycznej pochodzących od różnych źródeł w olejowych transformatorach energetycznych”

Teza 2:

„Możliwa jest lokalizacja źródeł wyładowań niezupełnych autorską metodą stopnia zaawansowania sygnału”

Teza 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 niezupełnymi” (koniec cytatu).

Dla weryfikacji powyższych tez Doktorantka podejmuje się realizacji następujących zadań:

- opisu źródeł sygnałów akustycznych w olejowych transformatorach energetycznych;
- przedstawienia metody badawczej EA zastosowanej w swoich badaniach;
- opracowania metodyki pomiarów sygnałów EA w wybranych olejowych transformatorach energetycznych;
- przeprowadzenia badań eksperymentalnych w wybranych transformatorach olejowych metodą EA;
- opracowania map zastosowanych deskryptorów na ścianach bocznych kadzi badanych transformatorów;
- przeprowadzenia stosownych analiz (podstawowej i zaawansowanej) sygnałów EA generowanych w transformatorach energetycznych;
- dokonania identyfikacji źródeł EA;
- sformułowania wniosków co do prowadzenia diagnostyki transformatorów energetycznych metodą EA.

Zarówno teza rozprawy doktorskiej jak i jej cel zostały sformułowane poprawnie.

3. Zakres rozprawy doktorskiej

Doktorantka analizowane w rozprawie zagadnienia przedstawił w 8-ciu rozdziałach.

W rozdziale pierwszym – *Wprowadzenie* mgr Olszewska uzasadnia swoją motywację podjęcia tematyki badawczej związanej z diagnostyką olejowych transformatorów energetycznych. Zwraca uwagę na duże możliwości jakie w zakresie charakteryzacji stanu izolacji w tych urządzeniach posiada metoda emisji akustycznej.

W rozdziale drugim – *Cel, tezy i zakres rozprawy*, Doktorantka w sposób szczegółowy prezentuje postawione w swojej dysertacji cele. Omawia te cele i w syntetyczny sposób – przedstawia metody ich osiągnięcia.

Rozdział trzeci – *Źródła sygnałów akustycznych w olejowych transformatorach energetycznych* zawiera podstawowe informacje o źródłach sygnałów emisji akustycznej w olejowych transformatorach energetycznych podczas ich przemysłowej eksploatacji. W kolejnych punktach tego rozdziału Doktorantka omawia wyładowania niezupełne występujące w transformatorach olejowych i ideę wykorzystania metody EA dla ich badań. Omawia również efekty wibroakustyczne występujące przy magnesowaniu rdzeni ferromagnetycznych oraz efekty zakłócające sygnały EA w transformatorach.

Analizowane zjawiska omawia skrótowo lecz kompetentnie, z zakresie określonym tematyką swojej dysertacji, bez wchodzenia w szczegóły.

W rozdziale 4 – *Przedstawienie metody badawczej*, Doktorantka starannie prezentuje metodę badawczą emisji akustycznej, zastosowaną w badaniach realizowanych w zakresie swojej pracy doktorskiej. Przedstawia układ pomiarowy (wraz z czujnikami EA) i dokładnie omawia system analizy różnych sygnałów akustycznych w szerokiej domenie widmowej.

Rozdział 5 – *Badania emisji akustycznej w wybranych olejowych transformatorach energetycznych* zawiera badania jakie Doktorantka przeprowadziła na sześciu różnych transformatorach. Szczegółowo przedstawiono są tu warunki w jakich prowadzone były badania, przedstawiono metodykę pomiarów, metodykę wyznaczania map deskryptorów na ścianach bocznych kadzi badanych transformatorów. Opracowano i zaprezentowano tu także mapy deskryptora ADC wyznaczone dla różnych pasm emisji akustycznej wybranego transformatora

W rozdział 6 – *Analiza podstawowa i zaawansowana sygnałów emisji akustycznej w celu rozróżnienia sygnałów pochodzących od różnych źródeł generujących sygnały akustyczne w olejowych transformatorach energetycznych* Pani mgr Olszewska przedstawia wyniki analiz, tzw. podstawowej i zaawansowanej sygnałów emisji akustycznej, uzyskanych z badanych obiektów (transformatorów) Zaproponowana analiza pozwala na rozróżnienie sygnałów EA pochodzących z różnych źródeł w badanych transformatorach olejowych. Zaprezentowano tu sposoby identyfikacji źródeł EA oraz wyniki takiej identyfikacji źródeł sygnałów pochodzących od: wyładowań niezupełnych w poszczególnych transformatorach, szumów toru pomiarowego, sygnałów pochodzących od magnesowania ferromagnetycznych rdzeni transformatorowych oraz różnego typu sygnałów zakłócających.

Rozdział 7 – *lokalizacja źródeł wyładowań niezupełnych w olejowych transformatorach energetycznych – zestawienie wyników badań* jest zestawieniem wyników badań dotyczących lokalizacji źródeł wyładowań niezupełnych metodą tzw. zaawansowaną.

W rozdziale 8 – *Podsumowanie i wnioski* przeprowadzono analizę wykonanych w rozprawie badań. Uzyskane wyniki porównano z celami, które Doktorantka postawiła sobie na początku realizacji rozprawy. Wykazała, że cele rozprawy zostały zrealizowane a postawione tezy (3 tezy) zostały w wyniku realizacji rozprawy – wykazane.

Na końcu zasadniczej części rozprawy jest wykaz *Literatury*, która została wykorzystana przy realizacji swojej pracy doktorskiej. Jak już wspomniano wcześniej, w wykazie literaturze znajduje się wiele zasadniczych pozycji naukowych z zakresu wybranych aspektów diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych. Są tu zarówno monografie, jak i artykuły

naukowe, w tym artykuły nowe, wydane w okresie ostatnich kilku lat. Wykaz ten świadczy o dobrej znajomości podjętej w rozprawie tematyki.

ak już wspomniano, w manuskrypcie rozprawy są także dwa Załączniki.

W Załączniku 1 *Mapy deskryptora ADC na ścianach bocznych kadzi transformatorów T1-T6 w wybranych pasmach częstotliwości* zostały zebrane mapy deskryptorów ADC uzyskane dla różnych pasm częstotliwości w badanych transformatorach.

Załącznik 2 – *Dorobek naukowy doktorantki* zawiera wykaz prac opublikowanych w czasopiśmie naukowych z tzw. listy filadelfijskiej autorstwa i współautorstwa Doktorantki (takich prac Doktorantka w dorobku ma 8) a także wykaz wystąpień na konferencjach międzynarodowych i ogólnokrajowych (7 wystąpień) oraz wykaz wyróżnień i nagród (4 wyróżnienia).

Tematyka rozprawy jak również podjęty zakres badań spełniają (z nadmiarem) warunki jakie powinna spełniać praca doktorska realizowana w dziedzinie nauk technicznych.

4. Ocena rozprawy doktorskiej

W ramach pracy doktorskiej Autorka przeprowadziła analizę literatury problemu wyładowań niezupełnych w olejowych transformatorach energetycznych. Najważniejsze rozdziały rozprawy to rozdziały 5, 6 i 7, gdzie zostały przedstawione własne wyniki badań, uzyskane na rzeczywistych obiektach – 6-ciu transformatorach energetycznych.

Doktorantka wykazała, że zastosowanie metody emisji akustycznej EA w diagnostyce pracy transformatorów olejowych daje możliwości nie tylko wykrywania występujących w nich wyładowań niezupełnych ale również ich lokalizacji w transformatorze, łącznie z możliwością tworzenia map tych wyładowań. Badania spektralne wyładowań niezupełnych metodą EA mogą dostarczyć wielu informacji o naturze fizycznej tych procesów. Doktorantka wykazała, że badania te dostarczają wartościowych informacji o stopniu zużycia oleju transformatorowego. Najistotniejszą właściwością tych badań jest fakt, że są one prowadzone w trakcie „normalnej” pracy transformatora. Można uznać, że praktycznie metoda pomiarowa nie wpływa na badany obiekt i nie decyduje o procesach w tym obiekcie zachodzących.

Istotną wartością rozprawy Pani mgr Anety Olszewskiej jest wykonanie podstawowej i zaawansowanej analizy sygnałów emisji akustycznej w wybranych pasmach częstotliwości w celu identyfikacji źródeł emisji akustycznej. Dla wyselekcjonowania źródeł sygnałów

akustycznych, Doktorantka przeprowadziła oryginalne analizy i zaproponowała grupy deskryptorów, które pozwoliły Jej na identyfikację fizycznych źródeł sygnału akustycznego. Pani mgr Aneta Olszewska zaproponowała autorską metodę do lokalizacji miejsc generacji wyładowań niezupełnych w testowanym transformatorze, łącznie z możliwością tworzenia map tych wyładowań, z uwzględnieniem ich intensywności. W opinii Recenzenta jest to rozwiązanie w pełni oryginalne, niespotykane wcześniej w literaturze problemu. Potwierdza to, że praca zawiera wartościowy i oryginalny materiał badawczy.

Praca doktorska Pani mgr Anety Olszewskiej jest realizowana w zakresie nauk technicznych (w dyscyplinie Elektrotechnika). Z tego powodu, uważam, że bardzo ważne są aspekty aplikacyjne pracy. Ważnym jest także, że Doktoranta widzi możliwości kontynuowania podjętej w doktoracie tematyki w przyszłości – ma konkretne plany badawcze, związane z tematyką diagnostyki olejowych transformatorów energetycznych metodą (metodami) emisji akustycznej.

Zawarty w rozprawie materiał badawczy świadczy, że Pani mgr inż. Anety Olszewskiej jest dojrzałym pracownikiem naukowym, posiadającym umiejętności zarówno samodzielnego formułowania problemów naukowych jak i ich rozwiązywania.

5. Uwagi krytyczne

Układ pracy jest starannie przemyślany i zdaniem recenzenta - poprawny. Praca Pani mgr Anety Olszewskiej ma charakter „dojrzały” - zawiera bogaty materiał badań eksperymentalnych oraz analiz numerycznych. Praca nie jest obszerna ponad miarę, ma ok. 130 stron. Chciałbym podkreślić, że pracę czyta się dobrze.

Praca, w sensie edycyjnym - napisana jest starannie. Błędy edycyjne (tzw. literówki i interpunkcje), zdarzają się rzadko i nie zasługują, aby wymieniać je w recenzji.

W grupie uwag krytycznych, chciałbym zgłosić, że Doktorantka ma tendencję do mało precyzyjnych określeń, typu: „maksima o dużych wartościach”, „są duże w całym zakresie”, „sygnały są szerokie”, „lepsza metoda”, itp. ... Opisy na rysunkach są najczęściej w języku polskim, choć część charakterystyk zawiera opisy również w języku angielskim.

Doktorantka tak konsekwentnie stosuje formę bezosobową w swojej rozprawie, że często miałem wątpliwości czy prezentowane rezultaty są jej osobistym i wyłącznie osobistym dorobkiem, czy są efektem pracy „jakiegoś” zespołu. Proszę Doktorantkę, aby w trakcie

publicznej obrony wyjaśniła „z kim” współpracowała w trakcie wykonywania swojej pracy doktorskiej i w jakim zakresie?

Mankamentem pracy jest brak ustosunkowania się Autorki do dokładności uzyskanych wyników pomiarów i odniesienie się do zakresu niepewności wyznaczanych wielkości charakteryzujących określane wielkości: wyładowania niezupełne, szумы Barkhausena, szумы aparaturowe,... Mam świadomość tego, że problem dokładności wyznaczanych wielkości jest dla tego typu badań problemem trudnym lecz Doktorantka to tych zagadnień nie odnosi się praktycznie w pracy w ogóle. Proszę o odniesienie się do „problemu dokładności” w trakcie publicznej obrony pracy doktorskiej.

Przedstawione uwagi w żadnym stopniu nie zmieniają pozytywnej oceny recenzowanej pracy doktorskiej.

6. Konkluzja końcowa

Jak to już podkreśliłem wcześniej, ogólna ocena pracy doktorskiej Pani mgr Anety Olszewskiej jest jednoznacznie pozytywna.

Praca zawiera duży materiał badawczy. Jest to materiał dotyczący zarówno analiz numerycznych jak i eksperymentalnych badań własnych.

Badania realizowane w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej zasługują na uznanie. Zakres rozprawy wykracza poza poziom przeciętny i spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim z nadmiarem. Równocześnie, z uwagi na wartościowy dorobek naukowy Pani mgr Anety Olszewskiej, w przypadku bardzo pozytywnego przebiegu pozostałych etapów realizacji przewodu doktorskiego będę wnioskował o wyróżnienie pracy.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska

mgr inż. Anety Olszewskiej pt.:

Identyfikacja i lokalizacja sygnałów emisji akustycznej w olejowych transformatorach energetycznych

zgodnie z "Ustawą o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki", z dnia 14 marca 2003 roku, wraz ze zmianami z dnia 18 marca 2011 roku, w części dotyczącej stopnia doktora, **spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim.**

Po spełnieniu innych warunków formalnych wnoszę o jej publiczną obronę.



Z wyrazami szacunku