



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Recenzent:

Dr hab. inż. Maciej Roskosz, prof. AGH

Kraków, 30.05.2022 r.

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie

al. Mickiewicza 30

30-059 Kraków

E-mail: maciej.roskosz@agh.edu.pl

Adresat Recenzji:

Rada Dyscypliny

Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Elektryczny

ul. Sikorskiego 37

70-313 Szczecin

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Michał Paweł Maciusowicz

pt.: „Analiza zjawiska magnetycznego szumu Barkhausena na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych wybranych stali ferromagnetycznych”

1. Podstawa formalna

Podstawę formalną do wykonania niniejszej recenzji stanowią:

- Uchwała Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nr 85 z dnia 25 kwietnia 2022 r.,

- Pismo Prorektora ds. Nauki Pana prof. dr. hab. inż. Jacka Przepiórskiego z dnia 26 kwietnia 2022 r., sygnatura WE/4120/479/2022 .

2. Podstawa prawna

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z póź. zm.),
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669),
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r (Dz.U. z 30.01.2018 r. poz. 261).

3. Przedmiot i opis ogólny rozprawy

Przedmiot recenzji stanowi rozprawa doktorska mgr inż. Michała Pawła Maciusowicza pt.: „Analiza zjawiska magnetycznego szumu Barkhausena na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych wybranych stali ferromagnetycznych”, a jej promotorem jest dr hab. inż. Grzegorz Psuj, prof. ZUT.

Rozprawa została przedłożona w formie monotematycznego cyklu dziewięciu recenzowanych publikacji w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika; zawiera autoreferat wraz z przewodnikiem po cyklu prac stanowiących osiągnięcie naukowe, pełne teksty publikacji wchodzących w skład cyklu oraz oświadczenia o procentowym udziale autorów w poszczególnych publikacjach. Pięć z przywoływanych publikacji ukazały się w czasopismach z listy JCR, dwie indeksowane są w bazie Scopus, a pozostałe dwie wydano w recenzowanych czasopismach polskich.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Przedmiot, cel i teza rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest analiza reprezentacji czasowo-częstotliwościowych sygnałów magnetycznego szumu Barkhausena MSB umożliwiającą uzyskanie szerokiego zbioru cech na potrzeby oceny właściwości stali, które poddane zostały obróbce metodami inżynierii powierzchni. Celem rozprawy było opracowanie algorytmów wieloparametrycznej analizy reprezentacji czasowo-częstotliwościowej magnetycznego szumu Barkhausena materiałów ferromagnetycznych poddanych obróbce wpływającej na właściwości w ich warstwach wierzchnich. W pracy postawiono tezę: Wieloparametryczna analiza reprezentacji czasowo-częstotliwościowej przebiegu zjawiska szumów

Barkhausena, umożliwiła pozyskanie nowych lub uzupełniających informacji o jakości materiałów stalowych poddanych obróbce.

4.2. Charakterystyka i ocena rozprawy

Rozprawę przedłożono w formie monotematycznego cyklu dziewięciu recenzowanych publikacji wraz z przewodnikiem po cyklu, stanowiącym punkt 8. autoreferatu. Taka forma rozprawy utrudnia proces recenzowania, gdyż informacja o aktualnym stanie badań, wynikach własnych Doktoranta i cytowanej literaturze jest rozproszona. Przewodnik po cyklu prac podzielony został na 2 główne punkty, wstęp oraz opis dokonań, który w formie podpunktów zawiera tezę, cel pracy oraz opis przeprowadzonych badań (stanowiący najobszerniejszy podpunkt zawierający właściwe omówienie wyników).

Wstęp zawiera krótki opis magnetycznego szumu Barkhausena jako efektu fizycznego, którego wykorzystanie jako sygnału diagnostycznego, wynika z wpływu stanu naprężenia i deformacji oraz struktury sieci krystalograficznej materiału na możliwość zmian tekstury magnetycznej. Przedstawiono w nim również wybrane metody inżynierii powierzchni, których wpływ na cechy sygnału badano w niniejszej rozprawie. Dodatkowo przedstawiono zakres wykorzystania cech MSB w dziedzinie czasu, częstotliwości oraz czasu i częstotliwości w diagnostyce stanu materiału.

Tezę i cel pracy (poprawiony przez Recenzenta) zawiera punkt 4.1 niniejszej recenzji.

Analizując przedłożony cykl publikacji uporządkowany chronologicznie od najstarszych [1] do najnowszych [9] wyraźnie widać istotny rozwój warsztatu naukowego Doktoranta.

Dla potrzeb prowadzonych badań Doktorant opracował koncepcję, zbudował i sukcesywnie rozwijał modułowy system pomiarowy. Głównym celem rozwoju systemu była poprawa jakości uzyskiwanego sygnału MSB poprzez stałą kontrolę warunków pomiarowych, zwiększenie odporności na zakłócenia pochodzące ze środowiska zewnętrznego, stabilność pomiaru oraz wzrost zakresu pasma częstotliwościowego obserwowanego sygnału.

W artykułach [1–3] badano zmiany sygnału MSB mierzonego na próbkach z niskowęglowej stali konstrukcyjnej poddanych działaniu naprężeń rozciągających. Zasadniczym celem tych badań było zbadanie uzyskanych charakterystyk TF, weryfikacja zakresu czynników wpływających na ich jakość, a także opracowanie metod kwantyfikacji informacji w nich zawartych. Do przekształcenia sygnału MSB z reprezentacji T do reprezentacji TF wykorzystano krótkoczasową transformację Fouriera. Pozycje [1] i [2] to wyraźnie badania wstępne służące rozwojowi opracowywanego systemu pomiarowo – obliczeniowego. W wyniku szerokiej analizy i syntezy uzyskanych wyników zawartych w [3] zaobserwowano większą rozróżnialność wartości wybranych cech TF, odpowiadających kolejnym stanom naprężenia i deformacji, niż ma to miejsce dla klasycznych cech sygnału MSB. Istotnym

elementem badań był dobór właściwych parametrów pomiarowych i obliczeniowych związanych z transformacją TF. Na wynik transformacji ma bowiem wpływ m.in.: rodzaj i rozmiar okna obliczeniowego czy częstotliwość próbkowania. Obserwacja MSB w dziedzinie TF pozwoliła na zbadanie w nowym ujęciu dynamiki procesu magnesowania obrazując charakterystykę MSB jednocześnie w obu składowych domenach czasu i częstotliwości.

Prace [4] i [5] dotyczą oceny wpływu warunków pomiarowych i oceny możliwości użycia różnych przekształceń TF na jakość otrzymywanych zestawów cech. Prace przeprowadzono dla szerokiego zakresu częstotliwości wzbudzenia oraz zmiennych wartości i różnych przebiegów prądu wzbudzenia. Ogólne wnioski wynikające z badań prowadzą do tego, że można zdefiniować zakresy częstotliwości dla których występuje największa zmienność większości cech, przy czym zakresy te zależą od kształtu przebiegu prądu wzbudzenia. Jest też grupa cech charakteryzująca się podobną czułością na zmiany materiałowe dla szerszego zakresu warunków wzbudzenia. Wynika z tego, że zasadne jest budowanie wieloparametrycznych modeli do oceny właściwości materiałowych.

W [6] sprawdzono możliwości wykorzystania analizy sygnału MSB w dziedzinie TF do pozyskania informacji z sygnału wykazującego więcej niż jeden wyraźny obszar maksymalnej aktywności. Taki przypadek ma miejsce np. dla blach elektrotechnicznych, które poddawane są wielu procesom przetwarzania materiału mającym na celu nadanie im różnych właściwości. Opracowano metodę wykorzystującą skumulowaną wartość gęstości mocy, która pozwala precyzyjnie wydzielić poszczególne obszary aktywności w kolejnych przedziałach czasowych. Umożliwia to przejście z trójwymiarowej przestrzeni do dwuwymiarowej, zachowując wszystkie 3 obszary aktywności, co daje możliwość szczegółowego analizowania wpływu różnych metod inżynierii na wypadkowe właściwości materiału.

Praca [7] również dotyczy analizy sygnału MSB wykazującego więcej niż jeden wyraźny obszar maksymalnej aktywności w dziedzinie TF, przy czym ekstrakcję cech prowadzono dla całego, nie podzielonego na obszary aktywności, spektrogramu. Analizowano zależności przebiegu charakterystyk kątowych cech TF od ustawień parametrów pomiarowych oraz procedur obliczeniowych. Zbadano wpływ szerokości okna stosowanego w transformacji STFT oraz częstotliwość filtra górnoprzepustowego definiującego pasmo sygnału MSB na otrzymywane charakterystyki wektora cech.

W pracy [8] porównano ze sobą transformacje TF z różnych grup. Rozpatrzono krótkoczasową transformację Fouriera, transformację falkową oraz wygładzony pseudo rozkład Wignera-Villa, które pozwalają uzyskać różne siatki obliczeniowe, a tym samym rozdzielczości TF do analizy MSB. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę informacji pozyskiwanej z różnych transformacji TF. Stwierdzono, iż w celu pozyskania informacji z wielofazowej charakterystyki MSB podczas analizy całego rozkładu TF zasadne jest stosowanie transformacji STFT. Powoduje ona mniejszą utratę informacji diagnostycznych

w porównaniu z pozostałymi transformacjami, a czas przetwarzania sygnału z dziedziny T do dziedziny TF jest najkrótszy.

W artykule [9] zaprezentowano model głębokiej sieci neuronowej, który zastosowano do rozróżnienia spektrogramów otrzymanych z sygnałów MSB mających charakter wielofazowy. Sygnały te otrzymano z pomiaru materiału o właściwościach anizotropowych. Głównym założeniem opracowanego modelu miało być rozróżnianie metod inżynierii powierzchni. Przyjęto również dodatkowe założenia, by rozpoznawać grubość próbki oraz kąt odchylenia od osi prostopadłej do osi walcowania. Wykorzystanie analizy czasowo-częstotliwościowej w połączeniu z głębokimi sieciami neuronowymi pozwala na uzyskanie dodatkowych informacji o różnicach między próbkami.

Zrealizowana praca ma charakter interdyscyplinarny łączący wiele dziedzin, nie tylko z zakresu elektrotechniki, elektroniki i automatyki, ale również informatyki i inżynierii materiałowej. Przedstawiona w rozprawie i zweryfikowana doświadczalnie tematyka jest moim zdaniem poprawna pod względem merytorycznym. Przedstawiono rozważania teoretyczne, badania własne, które efektywnie prowadzą do pozyskania nowych lub uzupełniających informacji o jakości materiałów stalowych poddanych obróbce na podstawie wieloparametrycznej analizy reprezentacji czasowo-częstotliwościowej przebiegu zjawiska szumów Barkhausena. Postawiona teza: Wieloparametryczna analiza reprezentacji czasowo-częstotliwościowej przebiegu zjawiska szumów Barkhausena, umożliwia pozyskanie nowych lub uzupełniających informacji o jakości materiałów stalowych poddanych obróbce; została udowodniona. Proces rozumowania jest logiczny, a przedstawione argumenty są jak najbardziej trafne. Zaprezentowane analizy odnoszą się zarówno do literatury krajowej jak i międzynarodowej. Podjęta tematyka jak najbardziej wydaje się aktualna i potrzebna. Ponadto rozprawa doktorska ma charakter innowacyjny, wypełniający lukę badawczą, a postawiona teza spełnia wymagania nieoczywistości.

5. Uwagi krytyczne

Na wstępie chciałbym podkreślić, że przedstawione w niniejszym punkcie uwagi krytyczne odnośnie recenzowanej rozprawy nie obniżają jej wartości merytorycznej i jej jednoznacznie pozytywnej oceny. Zostały one podane w charakterze dyskusji i pewnego rodzaju uporządkowania przedstawionych treści z nadzieją, że mogą być przydatne i zostaną wykorzystane w trakcie opracowywania publikacji naukowych kierowanych do czasopism z tej tematyki. Dodatkowo, pragnę zaznaczyć, że uwagi krytyczne nie dotyczą oceny merytorycznej przedstawionego cyklu publikacji, które poddane przecież były procesowi recenzji w procesie publikowania, lecz są oceną przygotowania autoreferatu.

- 5.1. We Wstępie Doktorant używa pojęć naprężenia wymuszone oraz naprężenia pozostałościowe. Naprężenie wymuszone to pojęcie stosowane w budownictwie jako naprężenie powstające w zbrojeniu w trakcie twardnienia betonu. Może Doktorant miał na myśli naprężenia powstające pod wpływem działania obciążeń czynnych oraz naprężenia własne – resztkowe.
- 5.2. Przedstawiony w punkcie 8.2.2 cel rozprawy w brzmieniu „Celem rozprawy było opracowanie algorytmów wieloparametrycznej analizy materiałów ferromagnetycznych poddanych obróbce wpływającej na właściwości w ich warstwach wierzchnich z zastosowaniem analizy reprezentacji czasowo-częstotliwościowej” jest sformułowany niewłaściwie. Brakuje w nim odniesienia się do sygnału diagnostycznego jakim jest magnetyczny szum Barkhausena. Zdaniem Recenzenta lepiej brzmi „Celem rozprawy było opracowanie algorytmów wieloparametrycznej analizy reprezentacji czasowo-częstotliwościowej magnetycznego szumu Barkhausena materiałów ferromagnetycznych poddanych obróbce wpływającej na właściwości w ich warstwach wierzchnich”. Przedstawione w tym samym punkcie zadania badawcze sformułowane są bardzo dobrze.
- 5.3. Punkt 8.2.3, który jest opisem przeprowadzonych badań, jest bardzo obszerny. Zdaniem recenzenta mógł być podzielony z uwzględnieniem zróżnicowania zagadnień podejmowanych w publikacjach stanowiących cykl.
- 5.4. Rysunki znajdujące się w punkcie 8.2.3 nie mają odniesienia do publikacji stanowiących cykl, z których pochodzą. Zabrakło również opisu oznaczeń stosowanych we wzorach lub odniesienia do publikacji, z których pochodzą.
- 5.5. Część publikacji stanowiących cykl [1, 2, 4, 5] omówiona jest w punkcie 8.2.3 bardzo krótko i ogólnie, natomiast pozostałe wręcz zbyt szczegółowo.
- 5.6. Praca napisana jest dobrym językiem, zarówno pod względem stylistycznym i gramatycznym, i trudno dopatrzeć się w niej błędów interpunkcyjnych i literowych. Ze względu na ich minimalną liczbę zrezygnowano z ich wskazania.

6. Wnioski

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Michała Pawła Maciusowicza pt.: „Analiza zjawiska magnetycznego szumu Barkhausena na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych wybranych stali ferromagnetycznych” , której promotorem jest dr hab. inż. Grzegorz Psuj, prof. ZUT stanowi rozwiązanie oryginalnego zadania naukowego dotyczącego rozszerzenia zakresu możliwych obszarów pozyskania informacji otrzymanych na podstawie magnetycznego szumu Barkhausena na potrzeby oceny właściwości stali, które poddane zostały obróbce metodami inżynierii powierzchni.

Uważam, że przedstawiony w rozprawie cel został osiągnięty, a teza udowodniona.

Należy zauważyć, że Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy naukowej i technicznej w zakresie prezentowanej tematyki, która podejmowana jest od pewnego czasu na Wydziale Elektrycznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Świadczy to o dojrzałości naukowej Doktoranta, a przede wszystkim o jakości szkoły z jakiej się wywodzi.

Wykonano szeroki zakres badań, które poszerzyły istniejącą bazę wiedzy. Na tej podstawie dokonano krytycznej analizy otrzymanych rezultatów, przeanalizowano je i opracowano poprawne wnioski. Jednoznacznie świadczy to o bardzo dobrym przygotowaniu do inicjowania i prowadzenia prac naukowych i badawczych. Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, ma znaczenie naukowe i praktyczne. Uważam, biorąc powyższe pod uwagę oraz oryginalność i istotność zaproponowanego rozwiązania, że praca zasługuje na wyróżnienie.

7. Sentencja Recenzji

Moim zdaniem recenzowana rozprawa mgr inż. Michała Pawła Maciusowicza pt.: „Analiza zjawiska magnetycznego szumu Barkhausena na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych wybranych stali ferromagnetycznych” **spełnia wymogi stawiane w Ustawie** z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669) i z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595, z póź. zm.) **oraz w Rozporządzeniu** Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018 r (Dz.U. z 30.01.2018 r. poz. 261). – **i dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Z poważaniem,

Dr hab. inż. Maciej Roskosz, prof. AGH