

dr hab. inż. Paweł Węgierek, prof. uczelni

Lublin, 17.02.2022 r.

Politechnika Lubelska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Katedra Urządzeń Elektrycznych i Techniki Wysokich Napięć

20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38A

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Kuczyńskiego pod tytułem:

*"Ocena parametrów eksploatacyjnych sensora magnetoelektrycznego
z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji"*

Promotor: **dr hab. inż. Jerzy Szymański, prof. UTH Radom**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Adrian Bilski, SAN Warszawa**

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na zlecenie Pana prof. dra hab. Sławomira Bukowskiego, Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, zgodnie z Uchwałą Senatu UTH w Radomiu Nr 000-18/4/2021 z dnia 25 listopada 2021 roku.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa zawiera 125 stron i składa się ze spisu treści, wprowadzenia, czterech rozdziałów teoretycznych oraz trzech rozdziałów eksperymentalnych, zawierających wyniki przeprowadzonych badań i ich analizę. Ponadto praca zawiera podsumowanie oraz wykaz literatury na której bazował Autor. Całość pracy, wyłączając wprowadzenie oraz podsumowanie i bibliografię, została podzielona na dwie zasadnicze części. Pierwsza z nich obejmuje przegląd literatury oraz analizę stanu wiedzy z obszaru problematyki sensorów pola magnetycznego, zachodzących w nich zjawisk fizycznych i metod badawczych wykorzystywanych do weryfikacji ich parametrów. Natomiast druga część ma charakter eksperymentalny, stanowi bezpośredni, autorski wkład doktoranta i zawiera opis zakresu prac, wyniki przeprowadzonych badań oraz ich analizę.

We **wprowadzeniu** Autor uzasadnia aktualność i znaczenie podjętej tematyki badawczej w aspekcie rozwoju nowych materiałów magnetycznych oraz piezoelektrycznych i wynikającymi z tego możliwościami budowy sensorów do pomiaru silnych pól magnetycznych o wartościach kilkuset A/m. Przedstawia opracowany w ramach pracy prototyp nowego typu sensora z zamkniętym magnetowodem o zwiększonej czułości oraz zmniejszonej wrażliwości na zakłócenia. Ponadto podjęto próbę wykazania znaczenia pracy w aspekcie poznawczym, poprzez wskazanie nowej wiedzy, którą uzyskano w wyniku jej realizacji oraz w aspekcie praktycznym, podając przykłady potencjalnych obszarów

SEKRETARIAT WTE i I

Wpłynęło dnia 14.03.2022

L.dz. 39

zastosowań opracowanego sensora. Wśród nich szczególnie interesująca wydaje się być możliwość lokalizacji miejsc nieciągłości szyn kolejowych i rur.

Rozdział 2 zawiera krótką analizę stanu wiedzy, ograniczoną w zasadzie do wskazania pozycji literaturowych, w których prezentowane są informacje na temat różnego typu czujników pola magnetycznego, bez omówienia ich cech, parametrów, możliwych obszarów zastosowania, w szczególności w odniesieniu do zaproponowanego przez Autora rozwiązania, czyli sensora z zamkniętym obwodem magnetycznym. Więcej uwagi poświęcono magnetoelektrycznym sensorom pola magnetycznego z podziałem na czujniki w wykonaniu płaskim oraz pierścieniowym. W przypadku tych drugich, przybliżono również rozwiązanie będące obiektem badań.

W efekcie przeprowadzenia powyższej analizy Autor określił cel, a w zasadzie trzy cele pracy, w następującym brzmieniu:

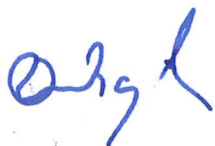
1. *Wyznaczenie właściwości eksploatacyjnych sensorów magnetoelektrycznych złożonych z taśm amorficznych o zamkniętym obwodzie umieszczonych na pierścieniowym piezoelektryku typu PZT.*
2. *Zbadanie reakcji sensora na zwrot stałego pola magnetycznego.*
3. *Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji (uczenia maszynowego) do wyznaczania parametrów eksploatacyjnych sensora magnetoelektrycznego.*

oraz sformułował tezę naukową w postaci stwierdzenia:

„Ocena wybranych parametrów eksploatacyjnych pierścieniowego sensora magnetoelektrycznego z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji może być wykonywana z mniejszym błędem, niż w przypadku modelu analitycznego.”

Na potrzeby potwierdzenia postawionej tezy opracowano tzw. założenia do tezy naukowej, które zawierają listę jedenastu poniżej zacytowanych wyłączeń i ograniczeń zdefiniowanych przez Autora i w praktyce determinują metodykę i zakres planowanych prac badawczych:

1. *Analizowane są odkształcenia sprężyste, zgodnie z zasadą Poissona, materiału amorficznego w postaci odkształcenia magnetostrykcyjnego przy stałej objętości, które oddziałuje na ceramikę typu PZT.*
2. *Pomija się wpływ warstwy kleju na oddziaływanie jednego zwoju taśmy amorficznej na pierścień piezoelektryka.*
3. *Pierścieniowy sensor magnetoelektryczny jest stosowany do pomiarów natężenia i zwrotu stałych pól magnetycznych.*
4. *Metoda badawcza wykorzystuje teorię pola elektromagnetycznego do opisu zjawisk fizycznych występujących w sensorze magnetoelektrycznym zbudowanym z materiału amorficznego o wąskiej pętli histerezy magnetycznej oraz ceramiki PZT w kształcie pierścienia.*
5. *Model matematyczny sensora z tensorami 2 rzędu jest analizowany przy użyciu komputerowych badań symulacyjnych.*
6. *Do wyznaczenia parametrów eksploatacyjnych badanego sensora magnetoelektrycznego zaimplementowane są metody sztucznej inteligencji – uczenie maszynowe.*



7. *Metody sztucznej inteligencji pełnią w pracy rolę narzędzia. Celem ich zastosowania jest wykazanie, że za pomocą wybranych metod regresyjnych można zasymulować każdą charakterystykę analizowanego sensora.*
8. *Do uczenia maszynowego w oprogramowaniu Python zastosowane są wybrane algorytmy z biblioteki Scikit-Learn.*
9. *Wartości błędów obliczane są według algorytmów na błąd średniokwadratowy MSE, a miarą dopasowania modelu jest współczynnik R^2 .*
10. *Pętla histerezy magnetostrykcyjnej jest bardzo wąska i przybliżona funkcją eksponentecjalną.*
11. *Wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych są zweryfikowane w oparciu o prototypowe wykonania magnetoelektrycznego sensora pola magnetycznego.*

Z uwagi na dynamiczny rozwój rozwiązań technicznych m.in. w postaci nowych typów czujników wielkości fizycznych oraz metod pomiarowych możliwych do zastosowania w systemach monitoringu parametrów określających stan techniczny różnego rodzaju obiektów, uważam, że podjęta tematyka jest aktualna i ma duże znaczenie praktyczne.

W **rozdziale 3** przedstawiono analizę zjawisk występujących w sensorach magnetoelektrycznych z zachowaniem podziału na zjawiska piezoelektryczne, równania stanu materiału piezoelektrycznego, zjawiska magnetostrykcyjne, równania piezomagnetyczne oraz przedstawiono opis efektu magnetoelektrycznego. Powyższa analiza została opracowana na podstawie około 25 publikacji naukowych, w większości aktualnych, pochodzących z lat 2005-2018, co potwierdza zainteresowanie naukowców tematyką, której dotyczy ocenianie praca. Część pozycji literaturowych jest znacznie starsza i datowana jest na lata 60-te i 90-te minionego wieku, ale nie wpływa to negatywnie na wartość naukową rozprawy, ponieważ prezentowane treści dotyczą podstaw omawianych zjawisk, na których bazują teorie zjawiska piezoelektrycznego i magnetostrykcyjnego.

Rozdział 4 jest jednym z bardziej istotnych dla całości rozprawy, ponieważ przedstawia model matematyczny sensora pierścieniowego, opracowany na potrzeby analizy porównawczej danych pomiarowych uzyskanych w wyniku badania wykonanego przez Autora prototypu sensora oraz danych analitycznych otrzymanych na bazie przedmiotowego modelu z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji. W pracy zaimplementowany został zmodyfikowany model matematyczny opisany w 2010 r. przez Mingsen Guo i Shuxiang Dong, który opisuje sensor magnetoelektryczny złożony z warstwowo połączonych pierścieni piezoelektryka i magnetyka. W zbudowanym w ramach pracy pierścieniowym sensorze pola magnetycznego cylindryczny pierścień wykonany został z piezoelektryka, który pokryty jest warstwą magnetostrykcyjną w postaci taśmy amorficznej przyklejonej do powierzchni zewnętrznej materiału piezoelektrycznego, co stanowi analogię do modelu wyjściowego i przy zastosowaniu pewnych założeń granicznych pozwala na tego typu implementację.

Rozdział 5 w całości został poświęcony sztucznej inteligencji i uczeniu maszynowemu, jako dyscypliny podrzędnej, ze szczególnym uwzględnieniem aktualności omawianych zagadnień i ich znaczenia dla gospodarki. Przybliżono rodzaje i proces uczenia maszynowego, ideę aproksymacji odwzorowań i modeli regresyjnych, jako jego podstawę.

Szczegółowo omówiono zastosowane w pracy algorytmy uczenia maszynowego, ze szczególnym uwzględnieniem sieci neuronowych i walidacji krzyżowej.

Rozdziały od 6 do 9 dotyczą eksperymentalnej części pracy, zrealizowanej w laboratoriach Wydziału Transportu, Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu i stanowią oryginalną, autorską część rozprawy. W rozdziale 6 omówiono zakres badań, zasady wyboru elementów do badań, budowę prototypowego sensora magnetoelektrycznego stanowiącego obiekt badawczy, stanowisko pomiarowe wykorzystane w procesie badawczym wraz z jego elementami składowymi.

Najważniejszymi elementami tej części rozprawy są wyniki przeprowadzonych badań (rozdział 7) oraz ich analiza i interpretacja (rozdział 8). Badania przeprowadzono dla czterech prototypowych sensorów pola magnetycznego, oznaczonych odpowiednio P1, P2, P3 i P4, o parametrach przedstawionych w tabeli 7.1 na 76 stronie rozprawy. Obejmowały one pomiary odkształcenia magnetostrykcyjnego, pomiary parametrów poszczególnych sensorów w postaci charakterystyk opisujących zależności pomiędzy napięciem wyjściowym sensora a mierzonym polem magnetycznym oddziaływującym na sensor oraz pomiary charakterystyk sensorów w trójosiowej cewce Helmholtza.

W **rozdziale 8** dla poszczególnych próbek przedstawiono odpowiednio przebiegi pola sterującego, napięcia wyjściowego z pierścieniowego sensora pola magnetycznego oraz widmo amplitudowe sygnału wyjściowego. Dokonano odtworzenia przebiegu wyjściowego z sensora poprzez zsumowanie sinusoid o amplitudach równych wartościom harmonicznych dla poszczególnych częstotliwości w celu sprawdzenia poprawności działania zastosowanego algorytmu DFT oraz przedstawiono przebieg napięcia wyjściowego U_{wy} w funkcji natężenia pola sterującego H_s , reprezentujący histerezę magnetostrykcyjną taśmy amorficznej naklejonej na zewnętrzną średnicę pierścienia. Otrzymany przebieg uwidacznia wpływ temperatury na pomiar, który spowodowany jest nagrzewaniem się uzwojenia wzbudzającego.

W dalszej części rozdziału 8 przedstawiono wyniki weryfikacji modelu analitycznego opracowanego na podstawie danych materiałowych oraz wymiarów geometrycznych sensora z danymi eksperymentalnymi uzyskanymi na podstawie badań przeprowadzonych na prototypach P1-P4. W celu zaimplementowania modelu matematycznego wykorzystano oprogramowanie Matlab. Dopasowania przebiegów pomiarowych dokonano stosując wybrane sieci neuronowe w oprogramowaniu Python z zastosowaniem biblioteki Scikit-Learn wielowarstwowej sieci perceptronowej z algorytmem gradientowym Levenberga-Marquardta oraz sieci SVM typu regresyjnego (SVR).

Rozdział 9 zawiera podsumowanie i wnioski końcowe.

2. Główne osiągnięcia rozprawy

Rozprawa ma charakter eksperymentalny z aspektami konstrukcyjnymi. Jej istotą było wykonanie i zbadanie parametrów eksploatacyjnych magnetoelektrycznego sensora pola magnetycznego zbudowanego z piezoelektryka typu PZT (Lead/Plumbum Zirconate Titanate) w kształcie pierścienia oraz taśmy zwiniętej w pierścień ze stopów amorficznych. Jednym z celów pracy było poznanie magnetostrykcyjnych właściwości magnetyków amorficznych, które aktualnie stanowią najnowszą klasę materiałów magnetycznie miękkich, co pozwoliło na określenie parametrów funkcjonalnych opracowanego sensora wpływających na jego

czułość. Nowością opracowywanego rozwiązania jest zastosowanie elementu magnetycznego o zamkniętym magnetowodzie. Taka konstrukcja przyczynia się do zmniejszenia wpływu zakłóceń na sygnał użyteczny oraz możliwość określenia zwrotu mierzonego stałego pola magnetycznego, co dotychczas nie było realizowane. Dzięki tej koncepcji możliwe jest uzyskanie większej czułości tego typu sensorów, niż ma to miejsce w przypadku sensorów z rdzeniami o otwartym magnetowodzie, np. paskowymi.

Do głównych osiągnięć doktoranta należy zaliczyć:

- opracowanie czterech prototypów nowego typu magnetoelektrycznego sensora pola magnetycznego w kształcie pierścienia i wykazanie, że umieszczenie taśmy amorficznej na pierścieniowym piezoelektryku umożliwia pomiar jej względnego odkształcenia magnetostrykcyjnego o wartości poniżej $1\mu\text{m/m}$, co dotychczas nie było wykonywane,
- wykazanie na podstawie pomiarów rozkładu widma amplitudowego sygnału wyjściowego z prototypów sensora pola magnetycznego, że największą amplitudą charakteryzuje się siedem pierwszych harmonicznym,
- wykorzystanie metod sztucznej inteligencji, w celu ograniczenia błędów oceny parametrów sensora i wykazanie w ten sposób, że błędy średniokwadratowe dla zastosowanych w uczeniu maszynowym modeli regresyjnych są mniejsze. W tym celu zaproponowano regresję charakterystyki przetwarzania z zastosowaniem wielowarstwowej sieci perceptronowej. Dokonano regresji sygnału wyjściowego sensora z zastosowaniem sieci regresyjnych SVM, drzew regresyjnych oraz procesów regresyjnych Gaussa i przeprowadzono obliczenia błędów MSE oraz współczynnika determinacji (R^2) dla poszczególnych modeli,
- wykazanie, że opracowana w pracy metoda wyznaczania wartości parametrów sensora z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji może znaleźć zastosowanie przy budowie układów do odzysku energii z otoczenia (energy harvesting) oraz zasilania urządzeń bezpieczeństwa i transmisji danych. Zakłada się również zastosowanie tego typu sensora w badaniach nieniszczących do pomiaru pola magnetycznego w zakresie słabych pól, czego praktycznym zastosowaniem może być wykrywanie nieciągłości materiałowych obiektów ferromagnetycznych, na przykład szyn kolejowych i rur.

Powyższe osiągnięcia upoważniają do stwierdzenia, że doktorant w stopniu biegłym opanował tematykę rozprawy zarówno w zakresie teoretycznym jak i praktycznym. Potwierdza to dobre rozeznanie problemów technologicznych i naukowych związanych z budową magnetoelektrycznych sensorów pola magnetycznego oraz pomiarami wielkości elektrycznych (natężenie pola) i nieelektrycznych (odkształcenie) z ich wykorzystaniem.

3. Ocena sposobu edycji pracy i uwagi formalne

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została opracowana w sposób poprawny. Zamieszczone zdjęcia, rysunki, wykresy i tablice zasadniczo są czytelne, ale w dużej części przygotowane ze zbyt małą starannością. Jako przykład potwierdzający tę uwagę mogą posłużyć między innymi rysunki: 2.3, 2.5, 2.6, 2.9, 2.12, 3.1, 3.2, 3.5 na których zaburzone są proporcje opisów osi, krzywych, oznaczeń, brak jednostek, zapisanie

ich w niewłaściwy sposób itp. Uwaga dotyczy większości rysunków i równań prezentowanych w pracy.

Rozprawa została napisana poprawnie pod względem językowym, ale Autor nie ustrzegł się usterek edycyjnych, interpunkcyjnych, stylistycznych oraz zapożyczeń językowych, wśród których można przywołać:

- strona 18, cytat: „Zwiększa to atrakcyjność urządzeń zużywających energię mikro- i miliwatów, co czyni je znaczącymi dla EH. Te rozwiązania mogą wyeliminować tradycyjne obwody mocy zasilane za pomocą baterii lub akumulatorów [59].
The ability to acquire energy through EH is the way of increasing the energy available in vehicles (such as cars or railways) [59]. Przekształca się w tym celu energie ruchu (kinetyczna), ciepła, światła, pola elektromagnetycznego i innych źródeł.”
- nieczytelne opisy na osiach większości wykresów, np. na rysunkach od 7.2 do 7.7, a następnie od 8.1.1 do 8.1.4,
- brak konsekwencji w sposobie opracowania wykazu literatury, nie jest zrozumiałe na jakiej zasadzie Autor sporządził ten wykaz i umieszczał odwołania w tekście.

Do uwag formalnych dotyczących ocenianej pracy należy zaliczyć brak podsumowań i wniosków końcowych w poszczególnych rozdziałach. Ich istnienie, poprzez skondensowaną formę przedstawienia najważniejszych informacji i wyników badań zawartych w danym rozdziale / podrozdziale, podkreślałoby ich znaczenie i zwracało uwagę na najważniejsze aspekty pracy oraz podniosłoby wartość merytoryczną rozprawy.

Istotnym niedociągnięciem jest także brak wykazu oznaczeń i symboli stosowanych w rozprawie, zamieszczonego na początku pracy. Stanowi to duże utrudnienie w ocenie poprawności merytorycznej treści rozprawy, głównie w rozdziałach dotyczących interpretacji wyników prac eksperymentalnych.

Brakuje również jasno określonego celu i zakresu pracy. Zaproponowane „Cele pracy” są raczej jej zakresem. Natomiast „Założenia do tezy naukowej” umieszczone w podrozdziale 2.3 są nie do końca zrozumiałe, podobnie jak samo umiejscowienie całego podrozdziału 2.3 jest dyskusyjne. Postawiona teza naukowa „*Ocena wybranych parametrów eksploatacyjnych pierścieniowego sensora magnetoelektrycznego z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji może być wykonywana z mniejszym błędem, niż w przypadku modelu analitycznego*” jest mało naukowa, a ponadto nieprecyzyjna. Wprowadzenie określenia „*może być wykonywana z mniejszym błędem*”, sugeruje, że w pracy będą wyznaczone konkretne wartości błędów, czego nie ma. Występowanie i jednoznaczne określenie wyżej wymienionych elementów umożliwia weryfikację osiągniętych rezultatów pracy w odniesieniu do przyjętych założeń.

Podsumowując, należy stwierdzić, że w pracy występują dość liczne uchybienia, co do których sformułowano powyższe uwagi, ale w ostatecznej ocenie nie pomniejszają one wartości merytorycznej rozprawy i nie rzutują na pozytywną ocenę jej formalnej strony oraz sposobu edycji.

4. Uwagi merytoryczne

W wyniku szczegółowego zapoznania się z ocenianą rozprawą doktorską pojawiły się następujące uwagi, o wyjaśnienie których proszony jest doktorant:

1. Na potrzeby badań wykonano 4 sensory z wykorzystaniem materiałów o określonych właściwościach i parametrach technicznych, Jakimi kryteriami i według jakich zasad dokonano wyboru tych materiałów? Czy została przeprowadzona wstępna analiza, przeprowadzone badania właściwości fizycznych na podstawie których podjęto odpowiednie decyzje?
2. Tabela 7.1 na 76 stronie rozprawy zawiera specyfikację techniczną sensorów poddanych badaniom. Jaka jest różnica między sensorami P2 i P3? Z zamieszczonych w tabeli danych wynika, że zostały one wykonane z tych samych materiałów i mają te same wymiary geometryczne. Podobnie na czym polega różnica między sensorami P1 i P4, pomijając wymiary geometryczne?
3. Czy każdy z sensorów został poddany tym samym badaniom, a jeżeli tak, to czy zostały one przeprowadzane w tych samych warunkach i w ten sam sposób? Z treści rozprawy nie wynika to jednoznacznie.
4. Czy prezentowane w pracy wyniki badań są efektem pojedynczych prób, czy raczej uśrednioną wartością określonej liczby prób? Jeżeli uśrednioną wartością, to z jakiej liczby prób?
5. Rysunki 8.4, 8.8, 8.12 i 8.16 przedstawiają zależność napięcia wyjściowego U_{wy} od natężenia pola sterującego H_s dla poszczególnych obiektów badawczych. W interpretacji wyników pojawia się sformułowanie „Otrzymany przebieg uwidacznia wpływ temperatury na pomiar, który spowodowany jest grzaniem się uzwojenia wzbudzającego”. Na jakiej podstawie Autor wyciągnął taki wniosek? Czy podczas badań była monitorowana temperatura taśmy amorficznej oraz innych elementów sensora? Jeżeli tak, to w jakim zakresie zmieniała się temperatura i jakie osiągała wartości?
6. Czy w ramach analizy wyników pomiarów została przeprowadzona analiza niepewności pomiarowej, a jeżeli tak to której, typu A, typu B, czy ewentualnie całkowitej?
7. Postawiona przez doktoranta teza naukowa, zakłada, że wykorzystanie metod uczenia maszynowego pozwoli na dokładniejszą ocenę wybranych parametrów eksploatacyjnych badanego sensora magnetoelektrycznego, niż w przypadku modelu analitycznego. O jakie parametry chodzi i o jakim zwiększeniu dokładności oceny tych parametrów mowa?
8. W jaki sposób doktorant ocenił dokładność oceny wybranych parametrów eksploatacyjnych badanego sensora w przypadku badań eksperymentalnych, a w jaki w przypadku modelowania z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji? Jak została wyznaczona różnica w ocenie poszczególnych parametrów w obydwu przypadkach?
9. Czy w opinii doktoranta istnieje potencjał aplikacyjny opracowanej konstrukcji sensora, a jeżeli tak to gdzie i w jakim zakresie? Jakie badania należy jeszcze przeprowadzić w celu osiągnięcia wdrożeniowej gotowości technologicznej? Na jakim poziomie technologicznym w kontekście potencjału wdrożeniowego znajduje się aktualnie przedmiotowe rozwiązanie?

5. Podsumowanie

Przedstawione powyżej uwagi merytoryczne i wskazane usterki edytorskie w niczym nie umniejszają pozytywnej oceny rozprawy jako całości. W recenzowanej pracy doktorant przedstawił samodzielny dorobek naukowy, wykazał się odpowiednim zasobem wiedzy w zakresie omawianego tematu, umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, logicznego przedstawiania i interpretowania wyników oraz naukowego wnioskowania.

Mając powyższe na uwadze, **stwierdzam, że rozprawa doktorską mgr inż. Karola Kuczyńskiego pt. "Ocena parametrów eksploatacyjnych sensora magnetoelektrycznego z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji" spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zawarte w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2020 r., poz. 1668 z późniejszymi zmianami).**

Stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata mgr inż. Karola Kuczyńskiego w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej (art. 187 ust. 1 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”). Przedmiotem rozprawy jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego mieszczącego się w obszarze dyscypliny naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika (art. 187 ust. 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”).

Ponadto stwierdzam, że przedstawiona od oceny rozprawa doktorska jest samodzielną pracą pisemną przygotowaną w języku polskim, która zawiera streszczenie w języku angielskim (art. 187 ust. 3 i 4 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”).

W związku z powyższym **wnioskuję o dopuszczenie** mgr inż. Karola Kuczyńskiego **do publicznej obrony** rozprawy doktorskiej.


dr hab. inż. Paweł Węgier,
profesor. uczelni