

Rzeszów, 14.08.2023 r.

Profesor, dr hab. inż. Mykhaylo Dorozhovets
Politechnika Rzeszowska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

ul. W. Pola 2

35-959 Rzeszów

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
wpłynęło dnia 25.08.2023
nr 44 zał.

RECENZJA

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

dr inż. **Krzysztofa Musioła** w związku z postępowaniem w sprawie nadania jemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

1. PODSTAWY FORMALNE RECENZJI

Opinia została opracowana na podstawie Uchwały NR 28/2023 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Śląskiej od 30 maja 2023 roku w związku z powołaniem mojej osoby jako członka komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadaniu stopnia doktora habilitowanego doktorowi inż. Krzysztofowi Musiołowi.

2. SKRÓCONY PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ HABILITANTA

Dr inż. Krzysztof Musioł ukończył w 1997 r. Śląskie Techniczne Zakłady Naukowe, specjalność: elektromechanika ogólna, uzyskał tytuł zawodowego technika elektryka.

W 2002 r. ukończył studia na Politechnice Śląskiej, Wydział Elektryczny, kierunek studiów Elektrotechnika, specjalność: automatyka i metrologia elektryczna, uzyska dyplom magistra inżyniera.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych - elektrotechnika uzyskał 07.09.2007 r. decyzją Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej. Tytuł rozprawy: Opracowanie, badania i zastosowanie multipleksa wzorców indukcyjności. Promotorem był prof. dr hab. inż. Tadeusz Skubis.

Od 2007 r. dr inż. Krzysztof Musioł pracuje obecnie na stanowisku adiunkta na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej, do 08.2017 r. w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki, a od 09. 2017 r. w Katedrze Metrologii, Elektroniki i Automatyki.

3. FORMALNA OCENA WNIOSKU

Wystąpienie dr inż. Krzysztofa Musioła z wnioskiem o postępowanie habilitacyjne w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne opiera się na osiągnięciu naukowym będącym cyklem powiązanych tematycznie publikacji pod wspólną nazwą **„Układy różnicowe i ilorazowe w metrologii impedancyjnej najwyższych dokładności”**.

Dane o dorobku i osiągnięciach naukowych dr inż. Krzysztofa Musioła przedstawiono w Autoreferacie, zawierającym 46 stron tekstu oraz 5 załączników, w których podano informację o wykształceniu, dyplomach i stopniu naukowym oraz dotychczasowym zatrudnieniu, wskazanie oraz opis osiągnięcia naukowego, w tym publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, informacja o aktywności naukowej realizowanej z innymi ośrodkami naukowymi (uczelniami oraz instytucjami badawczymi), a także informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych.

W części wstępnej autoreferatu przedstawiono cel i zakres badań naukowych. Celem naukowym wykonanych i przedstawionych badań Autora sformułowany jako: rozwój układów do porównań (komparacji) impedancji z niepewnością względną na poziomie 10^{-6} i metod ich walidacji.

W autoreferacie szczegółowo przedstawiono opis realizacji prac badawczych związanych z opracowaniem, rozwojem i zastosowaniem komparatorów wzorców indukcyjności i cyfrowych systemów komparacji impedancji, rozwojem metody walidacji układów komparacji impedancji, analizą i metodami wyznaczania błędów nieliniowości źródeł cyfrowych i modułów pomiarowych wykorzystywanych w cyfrowych komparatorach impedancji, a także dotyczących badań algorytmów wykorzystywanych do wyznaczania zespolonego stosunku napięć.

W autoreferacie przedstawiono wykaz dorobku naukowego Habilitanta, ze szczegółowym przedstawieniem publikacji w postaci powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach z listy JCR w latach 2010 - 2022. Oprócz tego, w autoreferacie przedstawiono informacje dotyczące aktywności naukowej Habilitanta, zwłaszcza wykaz innych publikacji naukowych Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora, bezpośrednio niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego, a także wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych, informacja dotycząca współpracy z ośrodkami naukowymi z Europy i Polski, oraz o innych osiągnięciach. We wniosku podano też kopie podstawowych publikacji naukowych Habilitanta. Podano też informacje dotyczące dorobku dydaktycznego i organizacyjnego, o uzyskanych nagrodach Habilitanta.

Na podstawie analizy treści można stwierdzić, że Wniosek Habilitanta spełnia formalne kryteria wymienione w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie

wyższym i nauce w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Należy podkreślić, że wniosek w składzie autoreferatu wraz ze wszystkimi załącznikami został przygotowany bardzo starannie, zawiera wszystkie niezbędne składowe części.

4. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO HABILITANTA

Podstawą wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego stanowi osiągnięcie (przedstawione w Omówieniu osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy) w postaci publikacji naukowych z cyklu 9 artykułów pod wspólną nazwą „**Układy różnicowe i ilorazowe w metrologii impedancyjnej najwyższych dokładności**”.

Przedstawione 9 publikacji obejmują artykuły opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych z listy JCR z punktacją MEiN 200, 140 i 100 pkt. (od 2019 r.), oraz z poprzednią punktacją 30, 27 i 25 pkt. opublikowanych w tych samych czasopismach w 2010 – 2014 r.

Z pośród 9 publikacji 4 artykuły opublikowano w czołowym czasopiśmie naukowym w dziedzinie pomiarów *Measurement*: [KM1] (2022 r., 200 pkt.), [KM3] (2021 r., 200 pkt.), [KM6] (2019 r., 200 pkt.) oraz [KM9] (2010 r., 27 pkt.) 1 artykuł [KM2] opublikowano w czasopiśmie *Energies* (2022 r., 140 pkt.). 4 artykuły opublikowano w czasopiśmie *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*: [KM4] (2021 r., 100 pkt.), [KM5] (2021 r., 100 pkt.), [KM7] (2014 r., 30 pkt.), [KM8] (2011 r., 25 pkt.).

Ze wszystkich publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta, jedna publikacja [KM2] w czasopiśmie *Energies* (2022 r., 140 pkt.) jest samodzielną, a reszta osiem publikacji są publikacjami współautorskimi. W czterech spośród tych publikacji dr Musioł jest pierwszym autorem, a w dwóch – drugim. Udział procentowy własny autora stanowi 70% w publikacjach [KM1] (2022 r., 200 pkt.), [KM6] (2019 r., 200 pkt.), 65% w publikacji [KM7] (2014 r., 30 pkt.), 45% w publikacji [KM3] (2021 r., 200 pkt.), 40% w publikacji [KM9] (2010 r., 27 pkt.), 30% w publikacjach [KM4] (2021 r., 100 pkt.) oraz [KM8] (2011 r., 25 pkt.) i 10% w publikacji [KM5] (2021 r., 100 pkt.). W siedmiu z tych publikacji Habilitant był autorem korespondencyjnym (*ang. corresponding author*).

Swoje osiągnięcie naukowe Habilitant podzielił na cztery najważniejsze obszary, związane z: (i) opracowaniem i rozwojem narzędzi instrumentalnych metrologii impedancyjnej, (ii) rozwojem metod walidacji układów komparacji impedancji, (iii) analizą oraz oceną błędów układów wykorzystywanych w komparatorach oraz (iv) badaniami algorytmów wyznaczania zespolonego stosunku napięć.

Oprócz tego, Habilitant sformułował 11 najważniejszych osiągnięć, stanowiących oryginalny i znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne:

1) udział w opracowaniu i badaniach woltomierza wektorowego przeznaczonego dla wielozakresowego komparatora wzorców indukcyjności własnej; opracowanie i badanie procedur autokalibracji i korekcji błędów [KM8];

2) przeprowadzenie walidacji wielozakresowego komparatora wzorców indukcyjności własnej o względnej niepewności pomiaru sięgającej 10^{-6} ; komparator wdrożono do stosowania w krajowym instytucie metrologicznym PTB w Niemczech [KM9];

3) udział w opracowaniu metody przeniesienia wartości wzorców indukcyjności na wielokrotności i podwielokrotności przy wykorzystaniu komparatora przeznaczonego do komparacji 1:1; dokonanie analizy wpływu parametrów resztkowych komparatora na wyniki pomiarów i analizy niepewności transferów 1:10 i 10:1 uwzględniając korelację wyników pomiarowych [KM7];

4) opracowanie uogólnionej metody badania spójności pomiarów dla układów ilorazowych (tzw. „metoda trójkątów”) i dokonanie analizy możliwości wykorzystania do oceny spójności równań uproszczonych [KM6];

5) implementacja „metody trójkątów” do walidacji wzorcowych komparatorów impedancji typu różnicowego i ilorazowego [KM1], [KM6], [KM9];

6) opracowanie i przebadanie komparatora ilorazowego wykorzystującego komercyjne cyfrowe źródła napięcia przemiennego [KM6];

7) przeprowadzenie analizy błędów występujących w pomiarach ilorazowych, a także analizy niepewności w różnicowych i ilorazowych pomiarach spójności [KM6];

8) udział w opracowaniu i badaniach dwufazowego cyfrowego źródła napięcia przemiennego o stabilności krótkoterminowej stosunku generowanych napięć na poziomie 10^{-7} ; wykorzystanie źródła do budowy próbkującego czteroportowego komparatora impedancji [KM3];

9) opracowanie, zbudowanie, oprogramowanie i wdrożenie do stosowania w GUM cyfrowego próbkującego komparatora impedancji czteroportowych o niepewności komparacji sięgającej 10^{-6} [KM1];

10) przeprowadzenie analizy wpływu błędu nieliniowości źródła i digitizera na wyniki pomiarów cyfrowym komparatorem impedancji; wykonanie badań nieliniowości układów wykorzystywanych w komparatorach cyfrowych w krajowych instytutach metrologicznych we Włoszech, w Szwajcarii i w Polsce [KM5, KM2];

11) dokonanie analizy algorytmów wykorzystywanych do wyznaczania zespolonego stosunku napięć w komparatorach impedancji; podanie wytycznych odnośnie możliwości stosowania danego algorytmu w sytuacjach próbkowania niesynchronicznego i niekoherentnego [KM4].

Przegląd prac składających się na osiągnięcie naukowe oraz analiza wkładu Habilitanta w pracach współautorskich

Publikacja [KM1] K. Musioł (70%), M. Kampik (20%), A. Ziółek (5%), J. Jursza (5%) Experiences with a new sampling-based four-terminal-pair digital impedance bridge, *Measurement*, Volume 205, December 2022, 112159.

Wkład Habilitanta: Konceptualizacja, opracowanie metodologii, przygotowanie oprogramowania, walidacja mostka, badania składowych elementów systemu, analiza uzyskanych wyników, pisanie i edycja manuskryptu.

W pracy tej przedstawiono nowy cyfrowy mostek impedancyjny opracowany i walidowany w Politechnice Śląskiej i GUM. Mostek może porównywać dowolne dwie cztero-zaciskowych impedancje w całej płaszczyźnie zespolonej w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 20 kHz wykorzystując opracowane wysokowydajne źródło cyfrowo syntetyzowanych napięć AC, w połączeniu z synchronicznym próbkowaniem wykorzystując moduły platformy PXI. Autorzy stwierdzili, że wyniki kontroli spójności i porównania skalibrowanych wzorców przy 100 Hz, 1000 Hz i 1592 Hz wykazują niepewność mniejszą niż $10 \mu\Omega/\Omega$. W pracy metodą typu A przeprowadzona ocena niepewności komparacji wraz z przedstawieniem budżetu niepewności, oraz analiza wpływu nieliniowości w układach akwizycji sygnałów, która jest jednym z głównych czynników ograniczających dokładność komparacji.

Publikacja [KM2] K. Musioł (100%) "Experimental Study of Digitizers Used in High-Precision Impedance Measurements", *Energies*, 2022, 15(11), 4051.

Praca samodzielna. W tej pracy Autor stwierdził, że w przypadku porównywania wzorców o stosunku innym niż 1:1, błąd nieliniowości toru przetwarzania analogowo-cyfrowego modułu pomiarowego określa dokładność systemu porównania. Dlatego zostały przeprowadzone badania wpływu na dokładność cyfrowego mostku impedancyjnego nieliniowości wysokowydajnych modułów PXI, które są wykorzystane w systemach komparacji impedancji. Przedstawiono wyniki badań błędów nieliniowości oraz podano odpowiednie wnioski dotyczące możliwych korekt tych błędów.

Publikacja [KM3] M. Kampik (55%), K. Musioł (45%) Investigation of the high-performance source of digitally synthesized sinusoidal voltage for primary impedance metrology. *Measurement* 2021, 168, 108308.

Wkład Habilitanta: Uczestnictwo w opracowaniu metodologii, badania właściwości metrologicznych źródła, analiza uzyskanych wyników, pisanie i edycja manuskryptu, odpowiedzi recenzentom.

W tej publikacji zaproponowano koncepcję sprzętową i przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dwufazowego źródła cyfrowo syntetyzowanego napięcia sinusoidalnego, które jest przeznaczone do stosowania w pełni cyfrowych mostków impedancyjnych. W pracy podano opis źródła dwufazowego źródła napięcia sinusoidalnego, wyznaczenie stabilności amplitudowej i fazowej generowanych fal sinusoidalnych na różnych częstotliwościach, oraz analiza wpływu rozdzielczości, liniowości i czystości widmowej, a także wrażliwości do temperaturowych zmian.

Publikacja [KM4] J. Augustyn (40%), M. Kampik (30%), **K. Musiol (30%)** "Investigation of Selected Reconstruction Algorithms Used for Determination of Complex Ratio of AC Voltages", *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, Volume 70, April 2021.

Wkład Habilitanta: Uczestnictwo w opracowaniu metodologii, opracowanie oprzyrządowania pomiarowego, przygotowanie oprogramowania do sterowania procesem próbkowania, wykonanie pomiarów stosunku napięć, uczestnictwo w pisaniu i edycji manuskryptu.

W tym artykule omówiono kilka algorytmów wyznaczania zespolonego stosunku dwóch napięć sinusoidalnych w oparciu o wstępne ich przetwarzanie analogowo-cyfrowe. Porównano wyniki pięciu algorytmów i zbadano minimalizację ich błędów związanych z różnicami między dwoma kanałami przetwarzania analogowo-cyfrowego na bazie modułów akwizycji danych NI PXI-4461 firmy National Instruments z dwoma 24-bitowymi sigma-delta przetwornikami analogowo-cyfrowymi. Przedstawiono wyniki porównania skuteczności różnych algorytmów wyznaczania zespolonego stosunku dwóch napięć sinusoidalnych oraz zbadano wpływ techniki próbkowania sygnałów, różnic transmitancji sygnałów w obydwu kanałach oraz wpływ układów przełączających. Stwierdzono o istnieniu możliwości podjęcia decyzji, który z algorytmów należy zastosować w systemie wyznaczania zespolonego stosunku dwóch napięć.

Publikacja [KM5] M. Ortolano , M. Marzano , V. D'Elia , N. T. M. Tran, R. Rybski, J. Kaczmarek, M. Koziół, **K. Musiol (10%)** , A. E. Christensen , L. Callegaro , J. Kucera , O. Power. A Comprehensive Analysis of Error Sources in Electronic Fully Digital Impedance Bridges, *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, Volume 70, April 2021.

Wkład Habilitanta: Opracowanie generatora wykorzystywanego w mostku cyfrowym, wykonanie pomiaru nieliniowości, uczestnictwo w charakteryzacji mostku w Instytucie Nazionale di Ricerca Metrologica.

W tej pracy przedstawiono podstawowe źródła błędów pomiarowych oraz ich kompleksową analizę w celu wyprowadzenia jawnych zależności matematycznych gotowych do zastosowania w konkretnym przypadku zarówno mostków opartych na przetwornikach cyfrowo-analogowych, jak i

opartych na przetwornikach analogowo-cyfrowych. W pracy zaznaczono, że wyniki przeprowadzonej analizy mogą być wykorzystane jako podstawa do optymalizacji przy projektowaniu mostków cyfrowych oraz obliczania korekt odczytów mostka i oceny niepewności pomiaru. Praca została wykonana podczas realizacji projektu EMPIR 17RPT04 VersI CaL.

Publikacja [KM6] **K. Musiol (70%)**, M. Kampik (30%): Metrological triangles in impedance comparison. *Measurement*, Volume 148, December 2019.

Wkład Habilitanta: Konceptualizacja, opracowanie metodologii, opracowanie metody sprawdzania spójności dla pomiarów stosunku, planowanie badań eksperymentalnych, opracowanie systemu pomiarowego, analiza niepewności, pisanie i edycja manuskryptu.

W artykule przedstawiono podstawy teoretyczne metodę sprawdzania impedancyjnych mostków porównawczych opartą na trójkątach metrologicznych. Zastosowanie opracowanej metody umożliwia wykrycie i korekcie błędów systematycznych w układach mostków 1:1 oraz oszacowanie niepewności pomiaru bez konieczności stosowania skalibrowanych wzorców impedancji. Opracowana metoda trójkąta jest bardzo skuteczna na etapie budowy nowego lub modernizacji wcześniej zbudowanych różnicowych i porównawczych mostków. Autorzy stosowali metodę trójkąta podczas testów mostków różnicowych komparatora indukcyjności 1:1 oraz innych mostków służących do komparacji impedancji. W artykule stwierdzono, że opracowane systemy są stosowane w różnych instytutach metrologicznych w tym PTB w Niemczech oraz GUM w Polsce, a także w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii w Warszawie.

Publikacja [KM7] **K. Musiol (65%)**, T. Skubis (35%): The use of 1:1 comparator bridge for 10:1 and 1:10 inductance standard transfer. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 63, Issue: 12, December 2014.

Wkład Habilitanta: Uczestnictwo w opracowaniu konceptualizacji pracy, opracowanie metodologii, planowanie badań eksperymentalnych, implementacja metody sprawdzania spójności dla pomiarów różnicowych, badania parametrów resztkowych, analiza niepewności, pisanie i edycja manuskryptu.

W pracy opisano zasadę wykorzystania precyzyjnego mostka komparatora 1:1 do transferu impedancji 10:1 i 1:10, tj. do przeniesienia jednostki indukcyjności z 10 do 1 mH oraz z 1 mH do 100 μ H. Przedstawiono analizę niepewności i wyniki pomiarów przeprowadzonych dla transferu indukcyjności 10:1. Wyniki przeprowadzonej w artykule analizy dowodzą, że na podstawie zaproponowanej procedury wykorzystując mostek komparatora impedancji 1:1 i stosując specjalnie skonstruowane złącze rozgałęźne możliwe jest przenoszenie wartości indukcyjności obiekty o 10-krotnie innych wartościach z niepewnością względną znacznie niższą niż osiągnięta przez przyrządy komercyjne.

Publikacja [KM8] A. Met (40%), **K. Musiol (30%)**, T. Skubis (30%) Vector Voltmeter for High-Precision Unbalanced Comparator Bridge. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Volume 60, No. 2, February 2011.

Wkład Habilitanta: Uczestnictwo w opracowaniu metodologii pracy, planowanie badań eksperymentalnych, implementacja metody sprawdzania spójności dla pomiarów różnicowych, wykonanie badań eksperymentalnych wykorzystując metodę trójkąta, pisanie i edycja manuskryptu.

W tej pracy opisano opracowany indukcyjnościowy mostek komparatorowy KWL5 do wzorcowania wzorców indukcyjności w zakresie częstotliwości 100 Hz-10 kHz, oraz opisano woltomierz wektorowy, który jest integralną częścią tego mostka i który umożliwia precyzyjny pomiar obu składowych napięcia niezrównoważenia mostka. Wysoka dokładność i czułość woltomierza została potwierdzona podczas długoterminowych badań mostka KWL5 prowadzonych w PTB w Brunshwiku.

Publikacja [KM9] **K. Musiol (40%)**, A. Met (30%), T. Skubis (30%) Automatic Bridge for Comparison of Inductance Standards. *Measurement*, Volume 43, Issue 10, December 2010.

Wkład Habilitanta: Uczestnictwo w opracowaniu koncepcji pracy, uczestnictwo w opracowaniu metodologii pracy, planowanie badań eksperymentalnych, implementacja metody sprawdzania spójności dla pomiarów różnicowych, wykonanie testów powtarzalności, wykonanie pomiarów spójności wykorzystując metodę trójkąta, pisanie i edycja manuskryptu.

W tej publikacji przedstawiono podstawową teorię oraz opisano konstrukcję, zastosowanie i charakterystykę precyzyjnego wielozakresowego niezrównoważonego mostka transformatorowego KWL5 przeznaczonego do kalibracji cewek indukcyjnych o tej samej wartości nominalnej od 100 μ H do 10 H w zakresie częstotliwości od 100 Hz do 10 kHz. Mostek KWL5 został sprawdzony w PTB w Braunschweig w Niemczech. Analiza wyników badań eksperymentalnych opracowanego mostka wykazała że powtarzalność wyników uzyskanych przy użyciu mostka KWL5 jest lepsza niż 10 ppm, a spójność równą lub lepszą niż 5 ppm dla zakresu częstotliwości do 10 kHz.

Na podstawie analizy treści publikacji Habilitanta można stwierdzić, że przedstawiony w pp. 4.3 – 4.6 autoreferatu opisy wymienionych wyżej obszarów badań w pełnej mierze są zgodnymi z treścią publikacji [KM1] – [KM9]. Praktycznie we wszystkich publikacjach Habilitant ma czynny udział w opracowaniu koncepcji oraz metodologii badań, implementacji wyników badań teoretycznych w konkretnych systemach, planowaniu, wykonywaniu i opracowaniu badań eksperymentalnych, w tym wykonaniu testów w celu sprawdzania spójności, powtarzalności, opracowaniu metod korekcji błędów, analizie niepewności, przygotowaniu oprogramowania i jego implementacji w systemach komparacji.

Uwagi i komentarze do osiągnięcia naukowego

Chociaż przy postępowaniu habilitacyjnym publikacja monografii naukowej nie jest wymaganiem obowiązkowym, jednak z punktu widzenia oceny osiągnięć naukowych Habilitanta jako całości, byłoby lepsze opublikowanie monografii naukowej jako pracy o charakterze syntetycznym na przykład pod tytułem: „**Układy różnicowe i ilorazowe w metrologii impedancyjnej najwyższych dokładności**”, podanym we wniosku jako tytuł cyklu powiązanych tematycznie publikacji.

Wśród mankamentów osiągnięcia naukowego zauważalna jest mała liczba publikacji samodzielnych, tylko jedna z dziewięciu publikacji wchodzi w skład osiągnięcia naukowego.

W pracy [KM1] celowo było podanie złożonej niepewności spowodowanej nie tylko składowymi związanymi z rozrzutem 10 wyników oraz Δ_M i Δ_K (tabela 3 budżetu niepewności), a też spowodowanej nieliniowością oraz innymi efektami, na przykład, niestabilnością temperatury.

Materiał pracy [KM2] częściowo powtarza materiał pracy [KM1], zwłaszcza w części badania nieliniowości. Podobnie w publikacjach [KM8] oraz [KM9] też są częściowe powtórzenia, zwłaszcza dotyczące opisu w nich schematów mostka KWL5 oraz woltomierza wektorowego. Tj. pracy [KM1] i [KM2] oraz [KM8] i [KM9] częściowo się pokrywają.

Uwaga formalna. W sformułowanym celu pracy Habilitant zadeklarował „rozwój układów do porównań (komparacji) impedancji z niepewnością względną na poziomie 10^{-6} ”, natomiast przy analizie rezultatów, przedstawionych w publikacjach, niepewność względną w wielu przypadkach ma poziom zdecydowanie większy. Mianowicie, w [KM1] poziomy niepewności wskazane jako $10 \mu\Omega/\Omega$ oraz $5 \mu\Omega/\Omega$, tj. 10^{-5} oraz $5 \cdot 10^{-6}$, w [KM2] pod koniec rozdziału 2 też stwierdzono o możliwości uzyskania dokładności na poziomie $5 \cdot 10^{-6}$, podobnie w [KM8] i [KM9] w zależności od częstotliwości dokładność podano na poziomie $5 \mu H/H$, a nawet na poziomie od 10 do 23 $\mu H/H$. Problem polega na interpretacji terminu „poziom 10^{-6} ”. Czy można zaliczać wartości $5 \cdot 10^{-6}$, $10 \cdot 10^{-6}$, a nawet $23 \cdot 10^{-6}$ jako wartości rzędu 10^{-6} ? Podobnie, czy można zaliczać wartości 5%, 10% czy 23% jako wartości rzędu 1%? Prawdopodobnie, że w tych przypadkach poziom niepewności względnej można było zadeklarować jako: „od kilku do kilkunastu ppm”.

Wskaźniki naukometryczne:

- Sumaryczny Impast Factor 9 publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe: 33.643.
- Sumaryczny Impast Factor wszystkich publikacji: 45.542.
- Sumaryczna liczba punktów MEiN 9 publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe: 1022 pkt. ze współautorstwem (140 pkt. bez współautorstwa), tj. w średnim około 114 pkt. na jedną publikację, udział Habilitanta wynosi 587.8 pkt., lub 57.5 %.
- Sumaryczna liczba punktów MEiN: wszystkich publikacji: 2315.

- Liczba cytowań według bazy:
 - WoS: 54 w tym 28 bez autocytowań;
 - Scopus: 103 w tym 46 bez autocytowań;
 - Google Scholar: 133 w tym 73 bez autocytowań.

Z analizy przedstawionych danych można stwierdzić, że według JCR sumaryczny IF=33.643 podstawowych 9 publikacji Habilitanta, oraz IF=45.542 wszystkich publikacji są bardzo wysokimi.

Wysokie wartości mają też liczby punktów MEiN: wszystkich publikacji 2315 oraz 1022 pkt. dotyczących 9 publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe. Należy zaznaczyć wysoki poziom punktacji podanych 9 publikacjach stanowiący w średnim około 114 pkt. na jedną publikację oraz wysoki procentowy udział Habilitanta w nich stanowiący 57.5%. Oprócz tego, po przeliczeniu punktów trzech ostatnich publikacji [Km7], [KM8] i [KM9] według aktualnej skali punktacji czasopism sumaryczna liczba punktów wszystkich 9 publikacji jest ponad 31% większa i wynosi 1340, a udział habilitanta w tych publikacjach jest około 23% większy i wynosi 725 pkt.

Liczba cytowań prac naukowych Habilitanta też jest na wystarczającym wysokim poziomie.

Ocena syntetyczna osiągnięcia naukowego

Na podstawie analizy treści publikacji, stanowiących osiągnięcia naukowe Habilitanta, oraz uzyskanych wskaźników naukometrycznych stwierdzam, że cykl 9 publikacji dr Krzysztofa Musioła zatytułowanych **Układy różnicowe i ilorazowe w metrologii impedancyjnej najwyższych dokładności** stanowi oryginalny i znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne i spełnia wymagania habilitacyjne. Rezultaty wykonanych Habilitantem prac naukowych stanowią bardzo istotny wkład w stworzeniu systemów komparacji impedancji najwyższych dokładności dla europejskich oraz polskich instytucji metrologicznych. Opracowane systemy komparacji impedancji na podstawie przeprowadzonych w PTB w Niemczech oraz GUM w Polsce, a także w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii w Warszawie testów wykazali bardzo wysoki metrologiczny poziom.

Moje uwagi i wątpliwości nie dotyczą poziomu osiągnięcia naukowego i dorobku Habilitanta, który jest niewątpliwie wystarczający dla spełnienia ustawowych wymagań. Zwłaszcza, chociaż Habilitant w swoim osiągnięciu naukowym zaprezentował tylko jedną publikację samodzielną, jednak udział Habilitanta w reszta 8 publikacjach jest bardzo wysokim: $\approx 57.5\%$, tj. zdecydowanie większy od 50%.

5. OCENA AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ HABILITANTA

Aktywność naukowa Habilitanta obejmuje kilku ważnych pozycji, związanych z publikacją prac naukowych, innych niż wymienionych w poz. 4, uczestnictwem w konferencjach naukowych,

współpracą z instytutami metrologicznymi w Europie i w Polsce, kierownictwem projektami badawczymi, oceną wniosków badawczych, recenzowaniem prac naukowych oraz innych. Najważniejszymi składowymi aktywności naukowej są:

- **Publikacja prac naukowych**

Oprócz podstawowych 9 publikacji, stanowiących naukowe osiągnięcie Habilitanta, w Autoreferacie i załącznikach przedstawiono:

- wykaz 28 pozycji innych publikacji artykułów naukowych (26 publikacje we współautorstwie, 2 publikacje samodzielne), bezpośrednio niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego, a także:

- wykaz 12 pozycji opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych (wszystkie we współautorstwie),

- wykaz 3 pozycji osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych w wskazaniu procentowego udziału Habilitanta (50%, 80% i 60% odpowiednio).

- **Uczestnictwo Habilitanta w konferencjach naukowych.** Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant uczestniczył z wystąpieniem w 6 międzynarodowych oraz 10 krajowych konferencjach, sympozjach oraz kongresach naukowych, a także był członkiem komitetów organizacyjnych 2 konferencji międzynarodowych oraz 8 konferencji krajowych.

- **Współpracą ze instytutami metrologicznymi w Europie i w Polsce.** Habilitant aktywnie współpracował z wieloma jednostkami naukowymi:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB (Niemcy),

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica INRiM (Turyn, Włochy)

Federal Institute of Metrology METAS (Berno, Szwajcaria),

Trescal (Silkeborg, Dania),

Główny Urząd Miar GUM (Warszawa, Polska),

Politechnika Świętokrzyska (Kielce),

Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN (Zabrze),

Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii CWOM (Warszawa).

- **Uczestnictwo w programach europejskich.** Habilitant uczestniczył 3 międzynarodowych projektach:

(1) w projekcie “A versatile electrical impedance calibration laboratory based on digital impedance bridges” (VersICaL 17RPT04), finansowanym w ramach The European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR),

(2) w czterech edycjach (II, IV, V i VII) Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój POWR.03.05.00-00-z098/17 „Politechnika Śląska jako Centrum Nowoczesnego Kształcenia opartego o badania i innowacje”. Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego i

(3) udział w charakterze Eksperta w projekcie priorytetowych, innowacyjnych technologii na rzecz automatyki, robotyki i techniki pomiarowej. Projekt był współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Oś priorytetowa: Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.1.

- **Uczestnictwo w pracach zespołów badawczych finansowanych w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych.** Habilitant uczestniczył w realizacji zakończonych 5 projektów badawczych (w tym 1 projekt wykonany na podstawie umowy z Konsorcjum EURAMET) oraz uczestniczy w 2 projektach znajdujących się w procesie realizacji.

Uczestniczył w 3 zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż wskazane wyżej a także uczestniczył w 3 zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań.

- **Członkostwo w towarzystwach naukowych.** Habilitant jest członkiem: Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej (PTETiS) oraz Komisji Metrologii Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Katowicach.

- **Staży naukowe.** Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant odbył 2 staży w instytucjach naukowych: Federal Institute of Metrology METAS (Berno, Szwajcaria) oraz Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica INRiM (Turyn, Włochy).

- **Recenzowanie.** Habilitant wykonał łącznie 29 recenzji artykułów naukowych, w tym 24 artykułów opublikowanych w czasopismach z listy JCR. Mianowicie, otrzymał:

- Certyfikat recenzenta MDPI (2023);
- Certyfikat recenzenta Measurement (2022).

Na podstawie przedstawionych danych można wyraźnie stwierdzić, że Habilitanta wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowanej w wielu uczelni oraz instytucji naukowych w tym zagranicznych i odpowiada wymaganiom przedstawionych w Omówieniu osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 ustawy.

6. OCENA DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ I ORGANIZACYJNEJ HABILITANTA

Podczas pracy dydaktycznej w Katedrze Metrologii, Elektroniki i Automatyki Habilitant prowadził wykłady, zajęcia ćwiczeniowe, seminaryjne i laboratoryjne dla studentów I i II stopnia w języku polskim i angielskim na pięciu kierunkach studiów realizowanych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej i dwóch kierunkach studiów realizowanych na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Mianowicie, prowadził wykłady z 11 przedmiotów, laboratorium z 12 przedmiotów, ćwiczenia z 2 przedmiotów oraz seminaria z 2 przedmiotów.

Podczas pracy Habilitant opracował 5 nowych stanowisk laboratoryjnych, a 7 innych zmodernizował, Przygotowałem łącznie 12 nowych instrukcji laboratoryjnych. Był promotorem

łącznie 21 prac dyplomowych (7 magisterskich i 14 inżynierskich). Był recenzentem 25 prac dyplomowych.

Do działalności organizacyjnej Habilitanta należy odnieść:

- Opieka studentów w 4 interdyscyplinarnych projektach dydaktycznych Project Based Learning, współfinansowanych ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. W ramach tych projektów wspólnie ze studentami zostały opublikowane trzy artykuły.
- Od roku 2012 do chwili obecnej pełnienie roli kierownika Laboratorium Metrologii w KMEiA;
- Od roku 2020 Wydziałowym Koordynatorem ds. Obciążeń Dydaktycznych;
- Od roku 2016 członkostwo w Wydziałowej Komisji ds. Współpracy Międzynarodowej;
- Trzykrotnie (w latach 2020, 2021 i 2022) członkostwo w Wydziałowej Komisji ds. Badań Młodych Naukowców;
- Trzykrotnie (w latach 2012, 2015, 2022) czynne uczestnictwo w organizacji popularyzacji nauki w ramach Nocy Naukowców Politechniki Śląskiej;
- Dziewięciokrotnie (w latach: 2005, 2006, 2008, 2009, 2011, 2014, 2015, 2016, 2018) członkostwo w Komitecie Organizacyjnym konferencji „Podstawowe Problemy Metrologii” (od 2015 roku „Problems and Progress in Metrology”).

Habilitant uzyskał cały szereg Certyfikatów potwierdzających jego istotną aktywność naukową realizowaną w różnych obszarach, w tym kierowania projektami, odbyciu staży naukowych, wykonaniu recenzji dla czasopism z list JCR, uczestnictwa w różnych towarzystwach naukowych itp. Mianowicie, Habilitant kierował projektami „Polska Metrologia” finansowanym przez MEiN oraz Iuventus Plus” finansowanym przez MNiSW, pracami w projekcie MINIATURA przyznanym przez NCN.

7. NAGRODY

Za swoją działalność naukową i dydaktyczną Habilitant otrzymał dużo nagród:

- Indywidualna nagroda Rektora Politechniki Śląskiej stopnia II za osiągnięcia naukowe (2022);
- Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Śląskiej stopnia III za osiągnięcia naukowe (2021);
- Indywidualna nagroda Rektora Politechniki Śląskiej stopnia III za osiągnięcia naukowe (2020);
- Zespołowa nagroda Rektora Politechniki Śląskiej stopnia I za osiągnięcia naukowe (2015);
- Zespołową Nagrodą Rektora stopnia III za osiągnięcia organizacyjne (2013r.)
- Zespołową Nagrodą Rektora stopnia III za osiągnięcia organizacyjne (2008r.)

- Zespołową Nagrodę Rektora stopnia III za osiągnięcia w dziedzinie dydaktycznej (2007 r.);
- Nagroda Oddziału Gliwicko-Opolskiego Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej za najciekawszy artykuł opublikowany w kwartalniku „Elektryka”, Zeszytach Naukowych Politechniki Śląskiej „Elektronika” i „Automatyka” oraz w Zeszytach Naukowych Politechniki Opolskiej „Elektryka” w 2010 (2011r.);
- Rektorski Grant Habilitacyjny (2021);
- Rektorski Grant Projakościowy (2023r.).

8. WNIOSEK KOŃCOWY

Bardzo pozytywnie oceniam przedstawione osiągnięcia naukowe dr inż. Krzysztofa Musioła w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych o wysokiej punktacji MEiN 1022 pkt. przy udziale własnym ponad 57 %. Na szczególną uwagę zasługują prace w opracowaniu oraz badaniu układów różnicowych oraz ilorazowych wchodzących w skład w sprawdzonych w instytucjach metrologicznych Polski oraz Europy prototypów komparatorów impedancji najwyższych dokładności. Habilitant uczestniczył w szeregu międzynarodowych projektów, oraz uczestniczył w realizacji zakończonych wielu projektów badawczych. Wziął czynny udział w licznych konferencjach, zarówno krajowych, jak i zagranicznych. Przedstawiony dorobek naukowy stanowi oryginalny i znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Za swoją pracę naukową, dydaktyczną i organizacyjną otrzymał 8 nagród Rektora Politechniki Śląskiej oraz inne wyróżnienia.

Biorąc pod uwagę zamieszczoną wyżej ocenę osiągnięcia naukowego w postaci tematycznie powiązanych dziewięciu wysoko punktowanych artykułów pod wspólną nazwą „Układy różnicowe i ilorazowe w metrologii impedancyjnej najwyższych dokładności”, pozostały dorobek naukowy oraz bardzo wysoką aktywność naukową realizowaną w wielu uczelniach oraz instytucjach naukowych w Polsce i Europie w tym uczestnictwo w programach i projektach międzynarodowych, a także osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne, stwierdzam, że dr Krzysztof Musioł w wystarczającym stopniu, a nawet z nadmiarem, spełnia wymogi stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określonym w art. 219 ust. 1 pkt. 2 i 3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku.

W związku z powyższym wnoszę do Komisji habilitacyjnej w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr Krzysztofa Musioła o podjęcie uchwały w sprawie nadania jemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Mykhaylo Dorozhovets