

Prof. dr hab. inż. Dariusz Kania  
Politechnika Śląska  
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki  
Katedra Systemów Cyfrowych, ul. Akademicka 16  
44-100 Gliwice

Gliwice, 4.02.2021

## **Recenzja w przewodzie habilitacyjnym dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz**

Recenzja została przygotowana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej, prof. dr. hab. inż. Andrzeja Kwolka.

### **1. Ocena osiągnięcia naukowego**

We wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego dr inż. Mariusz Węglarski, prof. PRz jako osiągnięcie naukowe, zatytułowane „Uwarunkowania syntezy autonomicznych, półpasywnych identyfikatorów-czujników RFID” wskazał cykl 14 współautorskich publikacji. Cykl publikacji zawiera 12 artykułów wydanych w czasopismach (z tego 10 w czasopismach ze współczynnikiem wpływu) oraz 2 rozdziały w anglojęzycznej książce. Obejmuje on następujące prace:

- [P\_1] **Węglarski M.**, Jankowski-Mihułowicz P., Chamera M., Dziedzic J., Kwaśnicki P., Designing Antennas for RFID Sensors in Monitoring Parameters of Photovoltaic Panels, Micromachines, Vol. 11, No. 420, 2020, pp.1-18, (udział 40%)
- [P\_2] **Węglarski M.**, Jankowski-Mihułowicz P., Factors Affecting the Synthesis of Autonomous Sensors with RFID Interface, Sensors, ISSN: 1424-8220, Vol. 19, No. 20, 4392, 2019, pp. 1-44, (udział 60%)
- [P\_3] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Lichoń W., Pilarz M., Efficiency Problem of FMCG Identification in HF RFID System with Multiplexed Antennas for Commercial Refrigerator, Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer, Vol. 548, 2019, pp. 119-140, (udział 30%)
- [P\_4] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Lichoń W., A Procedure for Validating Impedance Parameters of HF/UHF RFID Transponder Antennas, Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer, Vol. 548, 2019, pp. 101-118, (udział 40%)
- [P\_5] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, A Method for Measuring the Radiation Pattern of UHF RFID Transponders, Metrology and Measurement Systems, Vol. 23, No. 2, 2016, pp. 163-172, (udział 30%)
- [P\_6] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Pitera G., Kawalec D., Lichoń W., Development board of the autonomous semi-passive RFID transponder, Bulletin of The Polish Academy of Sciences Technical Sciences, Vol. 64, No. 3, 2016, pp. 647-654, (udział 25%)
- [P\_7] Tomaszewski G., Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Lichoń W., Inkjet-Printed Flexible RFID Antenna for UHF RFID Transponders, Materials Science-Poland, Vol. 34, No. 4, 2016, pp. 760-769, (udział 15%)
- [P\_8] Jankowski-Mihułowicz P., Lichoń W., Pitera G., **Węglarski M.**, Determination of the Material Relative Permittivity in the UHF Band by Using T and Modified Ring Resonators, International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 62, No. 2, 2016, pp. 129-134, (udział 30%)

- [P\_9] Jankowski-Mihułowicz P., Kawalec D., **Węglarski M.**, Antenna Design for Semi-Passive UHF RFID Transponder with Energy Harvester, *Radioengineering*, Vol. 24, No. 3, 2015, pp. 722-728, (udział 25%)
- [P\_10] Jankowski-Mihułowicz P., Tomaszewski G., **Węglarski M.**, Flexible Antenna Design for HF RFID Semi-Passive Transponder in Ink-Jet Technology, *Przegląd Elektrotechniczny*, No. 91(4), 2015, pp. 1-5, (udział 30%)
- [P\_11] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Determination of Passive and Semi-Passive Chip Parameters Required for Synthesis of Interrogation Zone in UHF RFID Systems, *Elektronika ir Elektrotechnika (Electronics and Electrical Engineering)*, Vol. 20, No. 9, 2014, pp. 65-73, (udział 30%)
- [P\_12] Jankowski-Mihułowicz P., Pitera G., **Węglarski M.**, The Impedance Measurement Problem in Antennas for RFID Technique, *Metrology and Measurement Systems*, Vol. XXI, No 3, 2014, pp. 509-520, (udział 30%)
- [P\_13] Jankowski-Mihułowicz P., Kalita W., Skoczylas M., **Węglarski M.**, Modelling and Design of HF RFID Passive Transponders with Additional Energy Harvester, *International Journal of Antennas and Propagation*, Vol. 2013, 2013, pp. 1-10, (udział 25%)
- [P\_14] Jankowski-Mihułowicz P., **Węglarski M.**, Determination of 3-Dimensional Interrogation Zone in Anticollision RFID Systems with Inductive Coupling by Using Monte Carlo Method, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 121, No. 4, 2012, pp. 936-940, (udział 30%)

Z opiniodawczego obowiązku muszę zauważyć, że mimo solidnego przygotowania wniosku, w oświadczeniach współautorów dotyczących artykułu [P\_4] pojawiła się drobna nieścisłość związana z błędną kolejnością współautorów.

## 1.1 Tematyka osiągnięcia naukowego

Działalność naukowo-badawcza dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz dotyczy technik projektowania i wytwarzania urządzeń RFID (ang. *Radio-Frequency IDentification*). Podejmowana tematyka jest aktualna, interesująca z punktu widzenia naukowego, konstrukcyjnego i technologicznego. Ma również bardzo istotny wymiar praktyczny, który związany jest z wdrożeniem opracowanych rozwiązań w różnorodnych dziedzinach przemysłu.

## 1.2 Zawartość i wyniki osiągnięcia naukowego

W osiągnięciu naukowym dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz dostrzegam szeroko rozumiane zagadnienia syntezy autonomicznych czujników RFID. Przedmiotem badań są: synteza anten ukierunkowanych na potrzeby identyfikatorów RFID, metody wyznaczania parametrów anten oraz „chipów” RFID, różnego typu uwarunkowania technologiczne i wynikające z nich metody konstrukcji czujników RFID oraz metody określania obszaru poprawnej pracy systemów identyfikacji RFID.

Pierwsze prace wskazane w cyklu publikacji [P\_14, P\_13] związane są z określeniem obszaru spełniającego warunki komunikacyjne i energetyczne, które pozwalają na poprawne funkcjonowanie systemów RFID. Rozpatrywano w nich przestrzenne ułożenie wielu identyfikatorów w obszarze roboczym, zakładając ich losowe rozmieszczenie. W procesie

modelowania wykorzystano metodę Monte Carlo oraz MathCAD. Poprawność identyfikacji była określana na podstawie odpowiedzi na komendy wywołania oraz wnikliwej analizy warunków energetycznych, tzn. poprawnego zasilania „chipów” RFID [P\_14]. Problematyka wyznaczania obszaru poprawnej pracy (ang. IZ – Interrogation Zone) jest również rozpatrywana w [P\_13], w której analizie poddano czujniki RFID pracujące w paśmie HF. Ważnym elementem pracy [P\_13] jest analiza układu antenowego w powiązaniu z poprawnym zasilaniem „chip’u” RFID, która pozwala określić granice obszaru IZ.

Problematyka pomiarów impedancji anten stosowanych w technice RFID jest również tematem artykułu [P\_12]. Na uwagę zasługuje zaproponowanie specyficznej metody pomiarowej wykorzystującej wektorowy analizator obwodów składający się z dwóch niesymetrycznych portów oraz pasywnej sondy różnicowej. Temat ten jest rozwijany w kolejnych artykułach [P\_4], [P\_5], w których rozpatrywane są różnorodne konstrukcje anten testowych, pracujących w różnych pasmach częstotliwości (LF, HF, UHF), różne pola kontaktowe, sondy różnicowe itp. Całość rozważań jest ukierunkowana na specyfikę zastosowań anten w układach RFID, w których ich impedancja jest wyrażona liczbą zespoloną, a nie wartością rzeczywistą, która charakteryzuje klasyczne systemy radiowe. Proponowane metody pomiarowe są dopasowane do możliwości pomiarowych laboratorium HYBRID, co pozwoliło na analizę porównawczą wyników obliczeń numerycznych z rzeczywistymi pomiarami. Obiektem zainteresowania były również charakterystyki promieniowania anten (dookólnej oraz kierunkowej) [P\_5] i sposoby ich wyznaczania. Zaproponowano oryginalną metodę pomiarową, której poprawność została potwierdzona poprzez zbieżność wyników pomiarowych z obliczeniami numerycznymi.

W pracy [P\_11] omówiono szereg aspektów konstrukcji systemów RFID, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów „chipów” RFID. Zaproponowano i porównano dwie metody pomiarowe pozwalające na wyznaczenie impedancji „chipu” RFID oraz jego czułości. Należy podkreślić, że opracowane procedury pomiarowe są głęboko przemyślane i dobrze dopasowane do specyfiki systemów RFID, wynikającej z ich rzeczywistych zastosowań. W wyniku przeprowadzonych badań okazało się, że konstrukcja anteny nie musi być dopasowana do trybu pracy „chip’u” RFID (pasywnego, półpasywnego), gdyż na wartość części rzeczywistej i urojonej impedancji nie wpływa zastosowane w układach zasilanie bateryjne.

Bardzo cennym elementem dorobku Habilitanta są prace związane z szeroko rozumianą syntezą anten dla identyfikatorów RFID [P\_13, P\_10, P\_9, P\_7, P\_1]. W początkowym okresie obiektem zainteresowań były zagadnienia syntezy anten dla czujników

RFID dla pasma HF [P\_13, P\_10]. Analizie poddano różne podłoża i technologie wytwarzania anten oraz „chipy” RFID. W przypadku anten PCB uzyskano dużą zgodność wyników pomiarowych z wynikami analizy numerycznej [P\_13]. Pewne rozbieżności zaobserwowano w przypadku anten wykonanych na podłożach elastycznych wykorzystując do tego celu druk strumieniowy [P\_10], które w dalszym etapie prac zostały bardzo dokładnie analizowane. Szereg aspektów technologicznych związanych z syntezą anten zostało przedstawionych w pracach [P\_9, P\_7], w których koncentrowano się na pracy w paśmie UHF. Dotyczyły one konstrukcji anten realizowanych na płytkach PCB [P\_9] oraz wykonanych w technologii druku strumieniowego. Wszystkie procesy technologiczne wykonywane były w laboratorium HYBRID, co pozwoliło na ciągle doskonalenie badanych procesów. Niezwykle cenne są również doświadczenia związane z konstrukcją anten na podłożu szklanym [P\_1]. Tym razem wykorzystano metodę sitodruku stosując pasty używane w procesie wytwarzania paneli fotowoltaicznych. Analiza uzyskanych wyników wskazuje jednoznacznie, że proces wytwarzania anten na podłożu PCB oraz podłożu szklanym jest bardzo dobrze rozpoznany, co pozwala na konstrukcję anten o powtarzalnych parametrach, możliwych do określenia w procesie modelowania numerycznego. W przypadku anten elastycznych zaobserwowano większe rozbieżności pomiędzy wynikami badań symulacyjnych oraz wykonanymi pomiarami, które zapewne wynikają z większych niedokładności wykonania poszczególnych elementów technologicznych (niedokładność druku strumieniowego, defekty wydrukowanych ścieżek).

W pracy [P\_6] zaprezentowano opracowany w ramach projektu badawczego demonstrator autonomicznego półpasywnego czujnika RFID. Szczegółowo omówiono kluczowe aspekty projektowania takich czujników, wskazując na potencjalne ich możliwości zastosowania oraz konieczność indywidualizacji cyklu projektowego, ściśle związanego z konkretnym zastosowaniem.

Przykłady wielu oryginalnych zastosowań techniki RFID przedstawiono w ostatnich pracach [P\_1, P\_2, P\_3]. Można w nich znaleźć: szeroko rozumiane badania i eksperymenty związane z problemem znakowania butelek, w którym zastosowano układ multipleksowanych anten czytnika RWD (Read/Write Device) [P\_3], wykorzystanie techniki RFID w produktach branży tekstylnej, w których „wyhaftowana” antena współpracuje z miniaturowym układem mikroelektronicznym, oryginalne elementy inteligentnych systemów nawigacyjnych umożliwiających lokalizację obiektów, koncepcje systemów automatyzacji budynków [P\_2], czy też zastosowania czujników RFID do monitorowania parametrów paneli fotowoltaicznych we wszystkich etapach ich produkcji i eksploatacji [P\_1]. Na podkreślenie zasługuje

kompleksowość i wnikliwość przeprowadzonych badań, w których uwagę koncentrowano nie tylko na wyodrębnionych aspektach technologicznych, ale również na wielu szczegółach konstrukcyjnych takich jak np. budowa laby chłodniczej, która zapewniłaby wygodną integrację z systemem RFID, czy też koncepcja aktywnej podłogi współpracującej z systemem RFID stwarzającej oryginalne możliwości w obszarze automatyki budynków. Dużą wartością zawartych w artykułach wyników jest potwierdzenie wyników badań symulacyjnych pomiarami wykonanymi na rzeczywistych modelach.

Omówione powyżej osiągnięcie naukowe, zatytułowane „Uwarunkowania syntezy autonomicznych, półpasywnych identyfikatorów-czujników RFID” oceniam pozytywnie. Doceniam nie tylko aspekty naukowe przedstawionych prac, ale również mozolną pracę konstrukcyjno-inżynierską. Warto podkreślić, że celem badań nie były tylko prace teoretyczne, ale działania badawcze ukierunkowane na wdrożenie uzyskanych wyników w bardzo różnych obszarach zastosowań. Na szczególną uwagę zasługuje kompleksowość badań, w których doceniam zarówno twórczą, mozolną pracę w laboratorium HYBRID, (tworzenie tego laboratorium), ale również oryginalność zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. W większości artykułów przedstawiających główne osiągnięcie naukowe Habilitant nie jest pierwszym autorem, ale z całą pewnością Jego wkład pracy w osiągnięte wyniki jest niezwykle istotny.

### **1.3 Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego**

Deklarowany średni wkład procentowy Habilitanta w poszczególne artykuły stanowiące główne osiągnięcie naukowe wynosi:

- w artykułach ze współczynnikiem wpływu - 31%,
- w artykułach bez współczynnika wpływu - 32,5%.

W dwóch artykułach opublikowanych w czasopiśmie ze współczynnikiem wpływu Habilitant jest pierwszym autorem, ale tylko w jednym artykule Jego wkład jest większy od 50%.

Oryginalny, znaczący wkład naukowy Habilitanta w zakresie wskazanego osiągnięcia naukowego „Uwarunkowania syntezy autonomicznych, półpasywnych identyfikatorów-czujników RFID”, obejmuje:

- rozwój techniki projektowania i wytwarzania autonomicznych urządzeń RFID w obszarze projektowym, konstrukcyjnym i technologicznym, obejmujący określenie uwarunkowań technologicznych procesu syntezy, syntezy różnorodnych anten, metod wyznaczania parametrów poszczególnych elementów systemów RFID oraz metod ich zasilania, algorytmów wyznaczania obszaru poprawnej pracy i opracowania różnorodnych rozwiązań układowych ukierunkowanych na specyfikę ich zastosowań,
- określenie szeregu specyficznych uwarunkowań syntezy zintegrowanych z obiektami, autonomicznych półpasywnych identyfikatorów-czujników RFID, przeznaczonych do różnorodnych zastosowań przemysłowych (identyfikacji, eksploatacji, monitoringu, obserwacji cyklu życia różnorodnych produktów),
- wkład w rozwój bazy laboratoryjnej umożliwiającej prowadzenie prac badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na wdrażanie uzyskanych wyników w różnych gałęziach przemysłu.

Ze względu na powyższe, przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe, które jest ściśle powiązane z wyraźnie określonymi celami wdrożeniowymi oceniam pozytywnie. Bardzo podobają mi się przedstawione w artykułach oryginalne pomysły, które pozwalają na szerokie rozpowszechnienie systemów RFID w różnorodnych gałęziach przemysłu.

## **2. Ocena pozostałej aktywności naukowej**

Oprócz cyklu 14 publikacji związanych z głównym osiągnięciem, Kandydat przedstawiając dorobek publikacyjny po doktoracie wskazuje 23 inne publikacje w czasopismach (3 w czasopismach z określonym współczynnikiem wpływu), 4 rozdziały w monografiach oraz 18 publikowanych referatów na krajowych, bądź międzynarodowych konferencjach. W zdecydowanej większości są to współautorskie publikacje. Kandydat jest również autorem lub współautorem prezentacji, które zostały wygłoszone na licznych konferencjach.

Sumaryczny współczynnik wpływu współautorskich publikacji, podany w wykazie osiągnięć (zał. 4) według listy JCR wynosi  $IF=18,621$ , liczba cytowań według bazy Web of Science wynosi 102 (60 bez autocytowań), a indeks Hirscha jest równy 6 (4 bez autocytowań). Według bazy Scopus liczba cytowań wynosi 130 (65 bez autocytowań), a indeks Hirscha jest równy 7 (z autocytowaniami).

Ważnym elementem dorobku Kandydata w obszarze działalności naukowej jest szeroko zakrojona współpraca związana z realizacją projektów i zadań badawczych realizowanych we współpracy z ośrodkami badawczo-rozwojowymi w kraju i za granicą. Między innymi współpracował z Katedrą Mikroelektronicznych Układów Hybrydowych Uniwersytetu Technicznego w Koszycach. Celem współpracy była analiza zjawisk dynamicznej wymiany ciepła w układach grubowarstwowych realizowanych w technologii LTCC. Prace badawcze dotyczące grubowarstwowej technologii hybrydowej realizował również z Instytutem Technologii Elektronowej w Krakowie. Pełnił rolę kierownika grantu realizowanego w Politechnice Wrocławskiej, dotyczącego techniki radiowej identyfikacji obiektów RFID. Efektem współpracy z Katedrą Mikrosystemów Wydziału Elektroniki i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej były działania ukierunkowane na produkcję przemysłową czujnika RFID realizowane wspólnie z działem badawczo-rozwojowym firmy Elmak Sp. z o.o. Efektem współpracy z pracownikami Wojskowego Instytutu Techniki Inżynierskiej z Wrocławia, firmy Aluron oraz ML System S.A. było opracowanie systemu monitorowania paneli fotowoltaicznych. W prowadzonych badaniach Habilitant pełnił różne role, począwszy od wykonawcy, a skończywszy na kierowaniu działaniami licznych grup badawczych. Warto zwrócić uwagę, że często inicjował współpracę i budował odpowiednio dobrane zespoły badawcze. Habilitant brał udział w licznych projektach badawczo-rozwojowych realizowanych na Politechnice Rzeszowskiej na potrzeby wielu firm. Uczestniczył również w programach europejskich, pełniąc funkcje członka konsorcjum. Jego rola sprowadzała się przede wszystkim do aktywnej działalności w obszarze rozbudowy infrastruktury laboratoryjnej Politechniki Rzeszowskiej.

Istotnym elementem osiągnięć Kandydata jest współautorstwo 3 uzyskanych patentów oraz 2 zgłoszeń patentowych, ściśle związanych z głównym osiągnięciem naukowym.

Osiągnięcia Kandydata zostały dostrzeżone w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym. Został zaproszony do recenzowania licznych artykułów, przesłanych do czasopism krajowych i zagranicznych. Był również współautorem 5 ekspertyz wykonanych na zamówienie przedsiębiorstw.

Oceniając całokształt aktywności naukowej dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRZ uważam, że jest ona wartościowa. Kandydat jest naukowcem rozpoznawalnym w kraju i za granicą, bardzo aktywnym w obszarze prac badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na komercjalizację osiągnięć naukowych, a uzyskane ze znaczącym Jego udziałem **wyniki mają istotne znaczenie dla rozwoju dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.**

### **3. Ocena działalności pozanaukowej**

Aktywność dydaktyczna dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz jest związana z uruchomieniem i prowadzeniem zajęć na kierunku Elektronika i Telekomunikacja prowadzonych w macierzystej jednostce. Prowadzi zajęcia z szeroko rozumianej techniki cyfrowej, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień techniki mikroprocesorowej w języku polskim i angielskim. Jego zainteresowania dydaktyczne związane są przede wszystkim z praktyczną realizacją projektów. Może je realizować w bazie laboratoryjnej Politechniki Rzeszowskiej, w której tworzeniu bardzo aktywnie uczestniczył. Kandydat pełnił opiekę nad 54 pracami dyplomowymi (21 magisterskimi, 33 inżynierskimi), z czego 6 prac zostało wyróżnionych w konkursach na najlepsze prace dyplomowe (WEiI PRz – 3 prace, SEP – 2 prace, IEEE – 1 praca). Wartym podkreślenia jest również aktywny udział Kandydata w obszarze popularyzacji nauki.

Działalność dydaktyczna Habilitanta została wyróżniana w 2010 roku przyznaniem Medalu Komisji Edukacji Narodowej.

W obszarze działalności organizacyjnej na uwagę zasługuje aktywny udział w tworzeniu i ciągłej rozbudowie laboratorium HYBRID. Liczne działania promocyjne pozwoliły na pozyskiwanie środków finansowych i podjęcie współpracy z szeregiem firm korzystających z zaplecza laboratoryjnego Politechniki Rzeszowskiej.

Habilitant jest aktywnym członkiem polskiego oddziału IMAPS, IEEE oraz rzeszowskiego oddziału SEP. Od roku 2014 pełni funkcję PS/CMPT IEEE, a od 2018 – sekretarza Koła SEP przy Politechnice Rzeszowskiej. Uczestniczył również w pracach komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji IMAPS.

Biorąc pod uwagę powyższe, całokształt dorobku w obszarze działalności dydaktyczno-organizacyjnej oceniam pozytywnie.

### **4. Wniosek końcowy**

Podsumowując powyższe oceny częściowe dorobku dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz w związku z przewodem habilitacyjnym stwierdzam co następuje:

- cykl 14 publikacji związanych z osiągnięciem naukowym pt.: „Uwarunkowania syntezy autonomicznych, półpasywnych identyfikatorów-czujników RFID” stanowi istotny wkład w rozwój nauki w obszarze dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika,



- dorobek publikacyjny i naukowo-badawczy uzyskany po otrzymaniu stopnia doktora nie budzi zastrzeżeń pod względem ilościowym, jak i jakościowym, dlatego całokształt osiągnięć w tym obszarze oceniam pozytywnie,
- pozanaukowy dorobek dydaktyczny i organizacyjny oceniam pozytywnie.

Biorąc pod uwagę całokształt dorobku Kandydata stwierdzam, że wniosek o przeprowadzenie przewodu habilitacyjnego jest uzasadniony. Osiągnięcia naukowe dr. inż. Mariusza Węglarskiego, prof. PRz **spełnia wymagania** określone w art. 219. Ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020t. poz. 85 ze zm.) **stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.**

