Warszawa, dnia 28.01.2022 r.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Systemów Elektronicznych

SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia 4.02.2022
Zarejestrowano pod nr .....
Podpis .....

KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Tytuł rozprawy: Comprehensive methodology for emission level prediction from magnetically coupled nonlinear circuits in automotive; Metodologia prognozowania poziomu emisji zaburzeń promieniowanych w nieliniowych obwodach sprzężonych magnetycznie dla potrzeb przemysłu motoryzacyjnego

Autor rozprawy: ***mgr inż. Grzegorz Oleszek***

Podstawą recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej AEiE Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie dr hab. inż. Ryszarda Sroki, profesora Uczelni, z dnia 3.12.2021 r. z informacją o powołaniu mnie na recenzenta wymienionej powyżej rozprawy doktorskiej.

Obecność i pozycja Doktoranta w środowisku zawodowym i naukowym, zapisy bibliometryczne

Pan mgr inż. Grzegorz Oleszek jest obecny w kilku ogólnych bibliometrycznych i repozytoryjnych bazach danych, a także w zawodowych bazach społecznościowych. Zapisy dotyczą lat 2019-2021. W bazie ORCID posiada zapis 4 publikacji (0000-0002-2748-1188). Wszystkie dotyczą tematyki pracy doktorskiej, bezpośrednio i pośrednio, czyli elektroniki motoryzacyjnej, a w tym kompatybilności elektromagnetycznej i sprzężenia magnetycznego. Dwie prace Doktorant opublikował na krajowych międzynarodowych konferencjach indeksowanych w IEEE Xplore – Mixdes2019 Rzeszów i 2021PEMC Gliwice. Stąd posiada zapis tych dwóch prac w portalu autorskim IEEE (ID:37086938113). Jedna praca dotyczy badań zasięgu kluczyka samochodowego a druga koegzystencji ładowarki bezprzewodowej i urządzeń samochodowych małej mocy we wnętrzu samochodu w aspekcie rozproszonego strumienia magnetycznego pochodzącego od systemu transferu mocy. Pozostałe dwie prace w ORCID dotyczą zakłóceń analogowych stopni wejściowych układów niskiej mocy w paśmie niskiej częstotliwości, opublikowane w r. 2019 w czasopiśmie Progress in Electromagnetics Reseach PIER C oraz jako poster na międzynarodowej konferencji wirtualnej Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits EPNC2020 a opublikowany w kwietniu 2021.

W bazie Scopus (ID:57210344204) Doktorant posiada zapis 3 prac, już powyżej wymienionych, dwie opublikowane w r.2019 i jedna w r.2021, indeks H=1. Profil w Scopusie jest prawidłowo linkowany do Orcid i jest skojarzony z opiekunem naukowym dr hab. Cezarym Workiem. Baza ResearchGate (ID:Grzegorz-Oleszek) indeksuje cztery prace a także jeden projekt Doktoranta pt. „EMC testability of automotive immobilizer circuits". RG definiuje pierwszą dyscyplinę działania Doktoranta jako Automotive Engineering. Widać, że Doktorant jest fanem motoryzacji, a w szczególności zaawansowanej elektroniki motoryzacyjnej. Doktorant posiada także profil w LinkedIn (ID: grzegorz-oleszek-742a43120), gdzie można znaleźć Jego historię zatrudnienia w firmach elektronicznych i IT:

KFAP SA, ASEC SA, Delphi. W bazie datalead (ID: Grzegorz+Oleszek/id/5336706/v/237fa) jest informacja o Jego zatrudnieniu w firmie Aptiv jako szefa inżynierskiej elektronicznej grupy sprzętowej. Posiada także profil na F (ID: grzegorz.oleszek.14). W bazie danych bpp-AGH (ID:oleszek-grzegorz-41414), baza publikacji pracowników posiada zapis czterech publikacji (jedna z nich nie jest afiliowana na AGH) zaś linkowanej do ORCID i Scopusa posiada zapis trzech publikacji.

Doktorant nie posiada jeszcze znaczących wskaźników bibliometrycznych, ale jest obecny i w pozytywny sposób identyfikowalny w internetowej bibliometrii międzynarodowej. Aktualność zapisów pokazuje ciągłą aktywność naukowo-techniczną doktoranta i potencjał Jego rozwoju inżynierskiego. Podsumowując obecność Doktoranta w bazach danych bibliometrycznych recenzent stwierdza, że jak na aktywnego inżyniera, posiadającego bogate doświadczenie zawodowe, który niedawno rozpoczął pracę naukowo-badawczą w ramach doktoratu, jest ona zupełnie wystarczająca. Należy podkreślić, że wymienione publikacje są jedno autorskie i na niezłym poziomie naukowo-technicznym. Publikacje indeksowane są dobrze skorelowane z tematyką pracy doktorskiej. Analiza dorobku naukowo-technicznego Doktoranta wskazuje wyraźnie na jego zainteresowania bardziej naukowo-techniczne i zaawansowane inżynierskie, niż teoretyczne i czysto symulacyjno-analityczne. Odzwierciedlenie tej tezy recenzent znajduje w ocenianej rozprawie, powstałej w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy", posiadającej wysoki praktyczny poziom naukowo-techniczny, niepozbawionej wyczerpującego temat rozprawy wątku badawczego, odpowiedniego dla wymaganego zaawansowania prac doktorskich w dyscyplinie AEiE.

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Obszarem badawczym w którym działa Doktorant jest ogólnie środowisko elektromagnetyczne samochodu osobowego. Zarówno rozprawa doktorska jak i inne publikacje Autora znajdują się wyjątkowo jednolicie w tym obszarze. Dokładniej ten obszar opisuje, analizuje pod względem problematyki badawczej i ogranicza pod względem technicznym w dobrze i syntetycznie napisanym wstępie do rozprawy. Wiele wymogów eksploatacyjnych, w tym bezpieczeństwa i transformacji technicznej podlega standaryzacji, i wielu technicznym ograniczeniom przejściowym, wraz z rozwojem stosowanych w tym obszarze systemów. Dynamika zmian w motoryzacji jest znaczna, a w ostatnim czasie wręcz rewolucyjnie gwałtowna. Inżynier działający w obszarze elektroniki samochodowej zdaje sobie z tego sprawę. Środowisko elektromagnetyczne samochodu osobowego z napędem elektrycznym jest bardzo skomplikowane. W niewielkiej objętości, tylko częściowo podzielonej na kilka podobszarów, nieidealnie izolowanych elektromagnetycznie działa wiele, coraz więcej, coraz bardziej skomplikowanych, urządzeń. Są to urządzenia o bardzo różnym poziomie mocy, spełniające różne standardy przemysłowe. Autor wymienia wiele z takich urządzeń a niektóre z nich badał nawet osobiście.

Tendencja dodawania nowych funkcjonalności dla takich urządzeń bez użycia rąk kierowcy oznacza konieczność stosowania wielu anten, przy czym środowisko jest podatne na występowanie interferencji elektromagnetycznych. Budowę urządzeń dla środowisk elektromagnetycznych i ich wymagane zachowanie w takich środowiskach reguluje szereg aktów prawnych dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej, a w tym między innymi Polska Norma PN-T-01030 1996, oraz Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich dotyczących EMC. Normy międzynarodowe w tym zakresie obowiązują dla całego Europejskiego Obszaru Gospodarczego. Co to oznacza? Dla gospodarki, czyli w makroskali, oznacza np., że

samochody koreańskie muszą spełniać w tym względzie normy europejskie. Co to oznacza dla Doktoranta, czyli w naszej ocenianej tutaj mikroskali? Oznacza, że Doktorant działający w tym obszarze nie może nie odnosić się do bardzo ściśle regulowanego obszaru konsumenckiego EMC. A co się dzieje, jeśli postęp jest tak szybki, że normalizacja się za nim opóźnia? Korzystamy z bieżących opracowań normatywnych wielkich producentów, którzy działają w konsorcjach normalizujących, gdzie tworzone i negocjowane są standardy przemysłowe.

Inaczej mówiąc, Doktorant działa w obszarze podlegającym bardzo ścisłym unormowaniom globalnym. Działalność badawcza w niewielkiej skali akademickiej i na terenie uczelni zwalnia Doktoranta z pogłębionych analiz norm, ale zdawać sobie sprawę z ogólnie obowiązujących ram odniesienia jest konieczne. Takie prawidłowe rozumienie zagadnienia przez Doktoranta jest widoczne w odnośnikach literaturowych norm w szczególności CISPR, IEC, ale także firmowych FMC (Ford). Odnośniki są na samym początku spisu bibliografii i dotyczą dokładnie obszaru działań Doktoranta, czyli pokładowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych głównie w samochodach osobowych. Konieczna wydaje się uwaga ma temat szybkości zmian i postępu technicznego w tym sektorze. Powołane przez Doktoranta normy obejmują lata odpowiednio 2014 IEC CISPR 25, 2016 FMC1278 oraz 2019 IEC CISPR 16.

Liczne i dość obszerne objętościowo opracowania nowych norm dotyczących EMC i planowanej globalnej elektromobilności pojawiają się ciągle, także w ostatnim czasie w roku 2021. W zasadzie każda z wielkich firm motoryzacyjnych opracowuje swoje szczegółowe dokumenty EMC. Na portalu Forda FMC EMC Online znajdziemy aktualizowane dokumenty FMC 1278, FMC 1279 i FMC 1280 z datami 21 listopada 2021. Portal learnemc.com prowadzi dokumentację zbiorczą norm i wytycznych EMC dla pojazdów w opracowaniu: ONZ – UNECRE R10; CISPR 12, 25,36; ISO wymagania odporności elektromagnetycznej pojazdów ISO 7637, 10305, 10605, 11451, 11452, 13766, 14907, 21609; SAE J1113, J1752, J551, J1812, J2628, J2556; GMW 3091, 3097, 3103; Ford; Chrysler PF 9326, DC-10615, 11223, 11224, 11225; Audi TL 82446; BMW 600 13.0, GS 95002, 95003; Fiat 9.90110; Honda 3838A-S5AA-L00; Toyota seria norm firmowych TSC i TXC; Volvo EMC, VW seria norm firmowych TL 800 i 900.

Komercyjne standardowe testy EMC dla pojazdów obejmują ANSI, IEC, CISPR, IEEE, ISO. Są ich setki i każdy podlega co pewien czas aktualizacji. Każdy dotyczy bardzo szczegółowych wytycznych odrębnych problemów EMC. Są tam także dość dokładne opisy problematyki związanej bezpośrednio z tematyką ocenianej pracy doktorskiej. Nic w tym dziwnego. Za każdym w takich problemów stoi seryjna produkcja niezawodnych, nowoczesnych pojazdów i ogromne finanse. Recenzent zna metody pracy grup normalizacyjnych IEEE, gdyż brał udział osobiście w działaniach niektórych z nich. Taka grupa zadaniowa składa się z ekspertów najwyższej klasy z przemysłu, uczelni, biznesu i organizacji rządowych. Nowy standard jest opracowywany dużym nakładem sił i środków i metodą uporczywych negocjacji pomiędzy różnymi graczami z przemysłu i laboratoriów badawczych reprezentujących czasami odmienne interesy. Tak samo dzieje się w obszarze badawczym Doktoranta.

Jeszcze inaczej mówiąc, obszar badawczy rozprawy doktorskiej jest bardzo aktualny, ale nadążenie za szybkością zmian jest poza możliwościami Doktoranta i jego nawet bardzo aktywnych działań w laboratoriach akademickich, tutaj znakomicie wspomaganych profesjonalnym środowiskiem pomiarowym i sprzętem firmowym udostępnionym przez firmę Aptiv. Normy mają jeszcze to do siebie, że wiele z nich jest bardzo długich i dokładne ich studiowanie, w szczególności setek szczegółów technicznych, a potem praktyczne zastosowanie nie jest łatwe. Jest to głównie domena przemysłu, a nie laboratorium akademickiego.

Rozważania dotyczące znacznej skali zagadnień naukowo-technicznych w obszarze których obraca się Doktorant i problemu, że jest to w zasadzie domena wielkiego przemysłu nie umniejszają według recenzenta znacznej wartości własnej pracy doktoranta. Nie chodzi także o straszenie Doktoranta tym, na co się porwał, nawet jeśli w standardach są dokładne wytyczne jak podobne przypadki mierzyć i podobne problemy rozwiązywać. Praca Doktoranta ma zupełnie inny charakter. Jest własnym oryginalnym rozwiązaniem szczegółowego problemu estymacji poziomu emisji elektromagnetycznej w konkretnym założonym laboratoryjnym modelu cewek i ich sprzężenia magnetycznego. Dodatkowo, praca ta ma potencjał aplikacyjny np. w firmie oferującej ekonomiczne rozwiązania dla samochodów osobowych. Pomiary Doktorant wykonuje bardzo sumiennie zgodnie ze standardem IEC CISPR 25, a więc mają obiektywną wartość uniwersalną. Celem tego dłuższego opisu jest dokładniejsze umiejscowienie tej wąsko tematycznej i przyczynkowej pracy w wymagającym środowisku EMC elektroniki i energoelektroniki motoryzacyjnej, i ogólnie elektromobilności.

Zagadnienie naukowe rozpatrzone w pracy dotyczy szczególnej problematyki kompatybilności elektromagnetycznej, czyli badań emisji elektromagnetycznych z komponentów stosowanych w technice motoryzacyjnej. W nowoczesnym samochodzie takich elementów jest coraz więcej. Problematyka ta w odniesieniu do badanego komponentu (a tutaj do elementów badanych przez Doktoranta) związana jest z kilkoma podstawowymi kryteriami: komponent nie zakłóca swojej pracy oraz innych komponentów, komponent jest przystosowany do środowiska i warunków pracy o odporny na zaburzenia emitowane przez inne komponenty oraz inne procesy związane z eksploatacją pojazdu. Przewidywanie poziomu emisji elektromagnetycznej w układzie cewki – analogowe stopnie wejściowe w pasmie niskich częstotliwości, co jest przedmiotem rozprawy, jest częścią takiego procesu analizy konkretnego wybranego komponentu dla zastosowań w określonych wymaganych warunkach kompatybilności elektromagnetycznej.

Tezy pracy Autor wywodzi z pytań badawczych związanych ze złożonością pozyskania, czyli estymacji i pomiaru emisji elektromagnetycznej dla konkretnych warunków aplikacji komponentu zgodnych z wymogami przemysłu motoryzacyjnego. Jakiej dokładności można oczekiwać w zaproponowanej przez Doktoranta metodologii oceny spektrum emisji EM? Czy zagadnienie badawcze może być rozwiązane przyjmując najprostszą geometrię układu cewek sprzęgających i jak na emisję wpływać będą zmiany tej geometrii? Czy możliwe jest określenie nieliniowości takiego układu sprzężenia w szerokim zakresie pobudzeń i wąskim pasmie, stosując jedynie podstawowe metody pomiarowe? Analizując pełen zestaw źródeł niepewności pomiarów emisji EM, pochodzących od samego mierzonego komponentu i jego konfiguracji, poprzez przyrządy pomiarowe, wpływ środowiska pomiarowego, oraz stanowisko i procedury pomiarowe, wymienione w dokumencie CISPR 16-4-1, Autor dokonuje oceny i wyboru własnych rozwiązań pomiarowych i spodziewanych parametrów emisji EM. Szacując wpływ wymienionych czynników w swoim rozwiązaniu układu sprężenia magnetycznego i przyjętej metodologii estymacji zakłada jako tezę pracy, że poziom emisji EM spełnia ograniczenie ±6dB dla fali nośnej i dominujących prążków harmonicznych w założonym pasmie niskich częstotliwości.

Podsumowując, zagadnienie badawcze, tezy i cele pracy są opisane przez Doktoranta w sposób prawidłowy. Praca ma charakter zarówno teoretyczny jak i doświadczalny. Otoczenie naukowo-techniczne ocenianej rozprawy doktorskiej jest bardzo bogate a wiele zagadnień jest bardzo dobrze rozwiązanych. Obszar badań jest prawie w całości uprzemysłowiony, choć przecież nadal się rozwija, szczególnie w zakresie elektromobilności, optymalizacji energetycznej, zmniejszenia wpływu na środowisko, itp. Przemysł dość niechętnie i nie od razu ujawnia wyniki swoich badań. Pozostawia to pewien margines do działań badawczych np. w uczelniach albo w obszarze na krawędzi poznania albo w obszarach niszowych. Takie jest

usytuowanie niniejszej pracy doktorskiej. Doktorant znalazł ciekawy obszar niszowy i zrealizował interesującą pracę doktorską którą uporządkował logicznym tokiem rozumowania, oryginalnymi analizami, standaryzowanymi weryfikacjami pomiarowymi oraz własnymi wnioskami, kilka wąskich zagadnień w zakresie problematyki estymacji emisji EM, potencjalnie przydatnej dla techniki motoryzacyjnej.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań / świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonywujący?

Autor prawidłowo zauważa, że obecnie wiele zagadnień EMI, EMC jest modelowanych i rozwiązywanych dla obiektów funkcjonalnych stosując techniki związane z Przemysłem 4.0 i cyfrowymi bliźniakami DT. Są to metody angażujące znaczne moce obliczeniowe, głównie bazujące na technikach chmurowych, na które stać raczej duże firmy. Dają jednak znakomite rezultaty. Sens takiego modelowania jest np. dla całego sytemu elektromagnetycznego samochodu. Tutaj mamy do czynienia z niewielkim komponentem. Autor powołuje przykładowe odniesienie literaturowe w tym zakresie dotyczące budowy zintegrowanego systemu cyber-fizycznego dla samochodu [10]. Takich źródeł jest bardzo dużo, także dotyczących tematyki EMC/EMI w systemach pokładowych. Aplikacje otwarte dotyczące DT, także do pokładowych instrumentów, są coraz bardziej dostępne w zasobach sieciowych. Takie oryginalne zasoby, sygnowane autorsko, coraz częściej będziemy powoływać jako źródła wiedzy. Są to bardzo bogate zasoby społecznościowe tworzone i używane niejako równolegle do tzw. oficjalnego świata komercyjnego np. reprezentowanego przez standardy IEC, IEEE, np. [resources.github.com/auto/], [github.com/topics/automotive]. Bardzo wiele źródeł komercyjnych, zawierających także bezpośrednie materiały i usługi dotyczące emisji EM w samochodach jest płatnych np.: bsigroup.com/en-GB/standards/british-standards-online-database/bsol-automotive/?utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=SM-SUB-LG-BSOL-TRANSPORT-PPC-2201-2212; https://www.ul.com/services/consumer-technology-emc-testing?utm_mktocampaign=ConsumerTechnology-AllCoreServicesPromotions&utm_mktoadid=542680765666&campaignid=14482214620&adgroupid=126687573597&matchtype=b&device=c&creative=542680765666&keyword=emc%20testing&gclid=EAIaIQobChMImJOa2pvF9QIV9AWiAx1RzQnGEAAYASAAEgIotfD_BwE ; https://www.etsi.org/technologies/emc ; itp.

Łącznie Autor powołuje aż 244 pozycji literaturowych. Jak na tak wąsko tematyczną pracę jest to liczba dość znaczna. Przegląd literatury zaczyna we wstępie od niektórych obowiązujących standardów, szczególnie tych z których korzysta w pracy przy wykonywaniu pomiarów. Literatura jest dobrze skupiona wokół tematyki rozprawy. W spisie jest zarówno wiele pozycji dotyczących bardzo szczegółowych spraw jak i ogólnych podręczników z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej, elektroniki układowej, niskoczestotliwościowych systemów radiowych. Najciekawsze wydają się odniesienia do szczegółów własnych prac Doktoranta, wspierających Jego oryginalne działania. Cytowane prace dotyczą np. teorii sygnałów i zniekształceń harmonicznych; systemów RFID; systemów NFC; teorii sprzężenia indukcyjnego; nieliniowości elektronicznych układów analogowych, nieliniowych układów rezonansowych; technik nawijania i właściwości cewek; indukcyjności wzajemnej; właściwości transformatorów; teorii i właściwości anten, ich konstrukcji i optymalizacji; właściwości wybranych materiałów dla elementów elektronicznych; materiałów magnetycznych; pól i fal EM; parametrów pasożytniczych elementów elektronicznych i magnetycznych; projektowania filtrów harmonicznych, zniekształceń sygnałów w układach sprzężonych, modelowania zniekształceń wielo-harmonicznych; kontroli emisji EM; emisji EM EMI/EMC w pojazdach samochodowych; powtarzalności testów standaryzowanych np. CISPR 25 ALSE; pomiarów w komorze bezechowej; zgodności i niezgodności między testami EMC; modelowania bezprzewodowych układów transmisji mocy; i innych.

Cytowania źródeł są rozłożone w rozprawie równomiernie i adekwatnie do tematyki aktualnie prowadzonych rozważań. Zakładając przestudiowanie takiej liczby źródeł, Autor niewątpliwie zdobył odpowiednią wiedzę otaczającą tematykę rozprawy. Analiza źródeł przedstawionych we wstępie prowadzi Autora do sfomułowania tezy pracy. Następne cytowane źródła wspierają Autora w realizacji kolejnych części pracy. Podsumowując, w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł światowych, stanu wiedzy i zastosowań. Wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób prawidłowy.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Praca doktorska jest napisana w języku angielskim, zawiera 9 rozdziałów i 152 strony. Wstęp jest poprzedzony abstraktami oraz wykazem stosowanych skrótów. We wstępie Autor dokonuje krótkiego przeglądu źródeł emisji EM w samochodzie. Wymienia metody przewidywania poziomu emisji zaburzeń EM w pasmie niskich częstotliwości. Przedstawia motywację podjęcia badań, zadaje pytania badawcze, formułuje tezę pracy i omawia jej strukturę.

Rozdziały 2 i 3 dotyczą modelu cewki i sprzężenia magnetycznego i mają charakter technicznego tutorialu na ten temat, jednak ukierunkowanego na dalsze potrzeby analizy badanego w pracy komponentu. Autor zbiera w tych rozdziałach wszystkie niezbędne zależności i charakterystyki potrzebne do przeprowadzenia dalszego wywodu badawczego. Opisuje właściwości cewek i sprzężeń rzeczywistych z uwzględnieniem wszelkiego rodzaju nieidealności, nawijania, zjawisk naskórkowości, właściwości izolacji, nieidealności przewodów, strat ferromagnetycznych, rezystancji radiacyjnej, parametrów nominalnych i pasożytniczych, itp. Dokonuje przeglądu metod modelowania impedancji cewki nieidealnej i częstotliwościowej zależności impedancji, dla komponentów indukcyjnych, pojemnościowych i rezystancyjnych, oraz wpływu rdzenia ferromagnetycznego, i rozrzutów produkcyjnych. Do modelowania cewki rzeczywistej a następnie sprzężenia magnetycznego Autor używa trójwymiarowego symulatora ANSYS Maxwell. Rezultaty rozdziału 2 przedstawiono w postaci wykresów podsumowujących symulacje i pomiary parametrów cewek w funkcji częstotliwości i układu geometrycznego. Przedstawia także histogramy indukcyjności i rezystancji cewki w funkcji geometrii komponentu.

W rozdziale 3 prezentuje model analityczny stosowany w swoich badaniach sprzężenia magnetycznego. Modeluje układ cewek bez i z rdzeniem. Prezentacje graficzne uzyskane z modelowania poddaje weryfikacji metrologicznej. Konstruuje prosty zestaw laboratoryjny pozwalający dokonać pomiarów sprzężenia, induktancji wzajemnej dla różnych geometrii badanego komponentu. Rezultatem pomiarów i analiz jest dwuwymiarowa mapa bezwymiarowego współczynnika sprzężenia łączącego indukcyjność własną i wzajemną dla różnego kątowego i liniowego położenia cewek.

Rozdziały 4 i 5 są główną częścią pracy dotyczącą analizy i charakteryzacji obwodu sprzężonego magnetycznie, które zawiera analogowy elektroniczny stopień wejściowy po stronie odbiorczej. Rozdziały te stanowią podstawę dla rozdziału 6 gdzie ewaluacji podlegają właściwości emisyjne EM oceniane w tzw. układzie samochodowym realizowanym laboratoryjnie zgodnie ze standardem CISPR 25 w komorze częściowo bez odbiciowej. Jeśli potraktować rozdziały 2 i 3 jako pewien wstęp opisujący elementy składowe budowanego komponentu to rozdziały 4, 5 i 6 stanowią właściwy rdzeń merytoryczny pracy doktorskiej. W rozdziale 4 Autor dokonuje charakteryzacji nieliniowości sprzężenia magnetycznego, z cewkami powietrznymi i rdzeniowymi, w warunkach znacznej dynamiki wysterowania. Za nieliniowość odpowiedzialny jest głównie przesterowany analogowy układ wejściowy. Analogowy stopień wejściowy Autor charakteryzuje w dziedzinie czasu i częstotliwości. Buduje specjalizowany układ charakteryzacji umożliwiający utrzymanie i regulację właściwości spektralnych sygnału, poziomów sygnału, możliwości pomiarów fazy. Stosuje dopasowane filtry pasmowo-przepustowe, dwa synchronizowane generatory w celu dokładnej kompensacji i zapewnienia

stałej impedancji układu testowego w badanym pasmie niskich częstotliwości. Układ umożliwia także pomiar amplitudy i fazy pobudzonych prążków bocznych. Dzięki zastosowaniu procesu kalibracji udaje się Autorowi znacznie poprawić całkowitą dokładność systemu. Wynikiem prac opisanych w rozdziale 4 jest dokładna charakteryzacja impedancji stopnia wejściowego (w tym zmiennych zastępczych składników pojemnościowych i rezystancyjnych) w szerokim zakresie parametrów pracy. Charakteryzacja tych składników całego toru sprzężenia magnetycznego jest konieczna w celu określenia warunków pracy komponentu w stanie rezonansu.

Rozdziały 5 i 6 zawierają według recenzenta najważniejsze oryginalne wyniki pracy własnej Autora. Celem jest uzyskanie dokładnego spektrum sygnału wyjściowego toru sprzężenia magnetycznego dla szerokiego zakresu pobudzeń wejściowych, włączając wielkosygnałowe warunki przesterowania układu. Kluczowe jest zachowanie analogowego stopnia wejściowego, charakteryzowanego jako impedancja nieliniowa. Autor modeluje stopień wejściowy dwoma metodami szarej skrzynki i jednowrotowej czarnej skrzynki zakładającej nieznajomość struktury układu stopnia wejściowego. Estymuje rozkład harmonicznych sygnału wyjściowego uniwersalną fourierowską metodą równowagi harmonicznych. Modelowanie stopnia wejściowego bazuje na opublikowanej pracy Doktoranta w czasopiśmie PIER C 10.2528/pierc19021101.

Tutaj rozwija i uzupełnia tą metodę. Obliczenia symulacyjne dla modelu w Matlabie pozwalają uzyskać w dziedzinie czasu kształty fali dla różnych poziomów sygnału wejściowego i porównać je z pomiarami. Wyniki potwierdzają wysoką dokładność modelowania. Symulacje i pomiary Autor powtarza dla tego modelu w dziedzinie częstotliwości. Stosuje także metodę zniekształceń wieloharmonicznych dla pobudzenia wielkosygnałowego i linearyzacji wokół takiego punktu pracy i wykorzystuje formalizm notacji parametrów X. Do obliczeń wykorzystuje środowisko ADS. Porównuje wyniki uzyskane w różnych modelach stopnia wejściowego. Obszar pracy wielkosygnałowej pozwala na pominięcie zjawisk szumowych. Autor pomija także zjawiska termiczne w stopniu wejściowym. Przeprowadza analizę niepewności propagacji harmonicznych pokazując obszar zmienności ich amplitudy i fazy w funkcji niepewności niektórych parametrów modelu i warunków pracy.

Posiadając obszerne dane do charakteryzacji poszczególnych elementów składowych zaprojektowanego i badanego komponentu Autor przeprowadza w rozdziale 6 badania pełnego układu złożonego z elementów dyskretnych. W takim układzie zakłada nieliniowość tylko analogowego stopnia wejściowego, co pozwala na separację części liniowej i nieliniowej. Posiadanie pełnego modelu układu sprzężonego magnetycznie pozwala Autorowi na obserwację różnego rodzaju związanych z nim zjawisk. Otrzymuje dwuwymiarową mapę zaburzeń nieliniowych związanych z rzeczywistymi położeniami cewek. Otrzymuje również cały szereg charakterystyk spektralnych i geometrycznych dla napięć i prądów układu w różnych warunkach pracy. Tego typu szeroka analiza nieliniowości układu sprzężenia magnetycznego jest oryginalnym osiągnięciem Doktoranta.

Można powiedzieć, że rozdział 6 jest wyczerpujący technicznie. Autor porusza tutaj właściwie wszystkie istotne zagadnienia związane z oceną poziomu emisji zaburzeń EM w układzie pomiarowym symulującym samochód. Pomiary są oczywiście ograniczone możliwościami technicznymi, do których Doktorant musi dostosować swoje działania. Ponownie ocenia wpływ poszczególnych źródeł emisji szeregując je pod względem istotności wpływu na pomiary. Porusza problem okablowania i metod unikania indukowania w okablowaniu dodatkowych zaburzeń. Wymienia metody estymacji i dokonuje własnych wyborów anteny, metody sprzężenia, predykcji emisji z zastosowaniem współczynnika transmisji. Opisuje właściwości anteny prętowej i jej sprzężenia z cewkami. Dokonuje pomiarów zaburzeń w komorze ALSE. Opisuje układ pomiarowy. Przedstawia i omawia wyniki pomiarów zakłóceń EM.

W rozdziale 7 Autor podsumowuje syntetycznie wyniki prac i wskazuje na potencjalne

kierunki rozwoju opracowanej metody. R.7 zawiera dokładne dodatkowe komentarze do uzyskanych wyników podkreślając własne osiągnięcia w porównaniu z typowo publikowanymi wynikami podobnych badań. W skrócie Autor uwzględnia więcej istotnych czynników wpływu niż typowe analizy emisji EM. Poddaje analizie te dodatkowe czynniki i ich istotność. Pracę kończy krótki załącznik (oznaczony R.8.), w którym Autor zamieszcza niektóre wyprowadzenia zależności. Na końcu zamieszczono obszerny wykaz cytowanej literatury.

Podsumowując, recenzent stwierdza, że Doktorant przyjął prawidłowe założenia badawcze, rozwiązał postawione w pytaniach badawczych i tezie zagadnienia i składające się na te zagadnienia problemy teoretyczne, techniczne, laboratoryjne i pomiarowe. Autor opracował skuteczną kompleksową metodę estymacji poziomu emisji pochodzących z nieliniowych układów sprzężonych magnetycznie stosując właściwe metody analityczne, symulacyjne, projektowe i pomiarowe.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Doktorant w oryginalny, pełny i systematyczny sposób przedstawia zagadnienie analizy nieliniowego układu sprzężonego magnetycznie jako komponentu wybranego do estymacji poziomu emisji zaburzeń EM i następnie jej weryfikacji pomiarowej. Przydatność układu do potencjalnych zastosowań w technie motoryzacyjnej zachowuje utrzymując zgodność procedur projektowania, analiz i pomiarów ze stosownymi normami międzynarodowymi. Mimo zajętości tego obszaru badań przez przemysł Doktorant potrafił znaleźć właściwą niszę projektową i analityczną oraz przeprowadzić badania opracowując własną oryginalną ścieżkę estymacji emisji zaburzeń EM w układzie pokładowym, potencjalnie przydatnym dla techniki motoryzacyjnej.

Doktorat wymienia, zarówno w podsumowaniach rozdziałów jak i w podsumowaniu całej rozprawy elementy badań, które uważa za własne i oryginalne. Recenzent zgadza się z tą listą i w pełni ją potwierdza. W analizie zaburzeń Doktorant uwzględnia wszystkie istotne czynniki jak zaburzenia indukowane w okablowaniu oraz sprzężenia indukcyjne i pojemnościowe odpowiedzialne za emisję EM, uzyskując wartościowe wyniki pomiarów. Tezę pracy udowadnia poprzez pokazanie, że zaproponowana metoda estymacji emisji może być stosowana przy zachowaniu wymogu wymienionego w tezie (i w standardach) limitu poziomu sygnału dla fali nośnej i dominujących harmonicznych w określonym pasmie niskich częstotliwości.

Podsumowując, aktualność tematyki badawczej, usytuowanie tej tematyki w trudnym obszarze badań i zastosowań przemysłowych, a więc i odwagę w jej podjęciu, a także udokumentowany wkład oryginalny pozwala recenzentowi bez wątpienia stwierdzić jej odpowiedni poziom i wartość naukowo-techniczną jako pracy doktorskiej w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika. Pod względem własnego wkładu naukowo-technicznego Doktoranta i zaawansowania analizy inżynierskiej rozprawa spełnia ze znacznym nadmiarem wymagania formalne i zwyczajowe.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonywującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Praca jest przygotowana wzorowo pod względem edycyjnym. Całość pracy jest edytowana w jednakowym, porządnym stylu. Rysunki są jednolite i czytelne. Może niektóre czcionki rysunków są nieco za małe. Rozdziały rozpoczynają się jednolitym rodzajem wprowadzenia a kończone także ujednoliconymi w stylu krótkimi podsumowaniami. Pracę czyta się łatwo. Część wstępna jest napisana wręcz w rodzaju tutorialu zawierającego wszystkie niezbędne zależności

potrzebne do dalszych analiz. Podsumowując, recenzent stwierdza, że Autor poprawnie i przekonywująco przedstawia uzyskane przez siebie wyniki. Praca jest zwięzła, jasna i zredagowana poprawnie.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Praca zawiera sporo materiału o charakterze podstawowym. Zaletą takiego ujęcia jest łatwość czytania, oceny wiedzy Autora i śledzenia toku Jego rozumowania. Bardzo dobrze, że Autor część wyprowadzeń i zależności matematycznych wyciągnął poza główny nurt pracy do załącznika. Być może autor mógł wyciągnąć więcej takich oczywistych rozważań do załączników, pozostawiając esencję rozumowania w głównym toku pracy.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Charakter pracy, mimo jej korelacji z obszarem przemysłowym, jest czysto akademicki, laboratoryjny, ograniczony możliwościami dostępnych warunków pomiarowych. Wynikiem opracowania jest potencjalnie przydatna metoda funkcjonalna do oceny ważnych zjawisk występujących w elektronicznych układach pokładowych wykorzystujących sprzężenie magnetyczne. Metoda wydaje się praktyczna, choć oczywiście wymagałaby adaptacji z warunków uczelnianych i tylko częściowo profesjonalnych do normalizowanych warunków przemysłowych. Bez wątpienia praca ma potencjalnie znaczną przydatność dla nauk technicznych i potencjalnych wdrożeń jako element większego środowiska testowego.

Doktorant kieruje projektową grupą inżynierską w firmie Aptiv, gdzie jest odpowiedzialny za całościowy proces tworzenia nowych zaawansowanych technologicznie produktów dla techniki motoryzacyjnej. Proces ten obejmuje opracowywanie wymogów technicznych, projekt, symulacje, prototypowanie, pomiary, produkcję testową i kończy się wdrożeniem. To prawidłowe podejście badawcze i naukowo-techniczne jest dobrze widoczne w ocenianej pracy doktorskiej, i jest uważane przez recenzenta za jej znaczną wartość.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
c/ spełniająca wymagania
d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów procesu doktoryzowania w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika. W szczególności Doktorant jest samodzielnym autorem kilku publikacji ściśle związanych z tematyką pracy doktorskiej. Jedna z tych prac stanowi rodzaj głównego wsparcia dla tezy rozprawy. Praca jest odważnie usadowiona w trudnym, silnie eksploatowanym przemysłowym obszarze naukowo-technicznym. Mimo tego Doktorant poradził sobie i uzyskał oryginalne wyniki, i to w warunkach obowiązującej ścisłej normalizacji technicznej.

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk