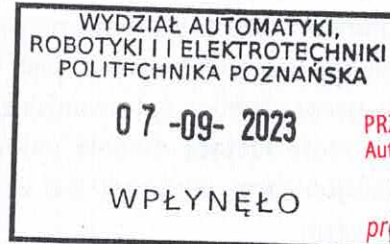


dr hab. inż. Mariusz Najgebauer, prof. uczelni
Katedra Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 17, 42-201 Częstochowa

Częstochowa, 05.09.2023 r.



PRZEWODNICZĄCY RADY DISCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaża

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Mileny Kurzawy
pt. „Obwodowo – polowa analiza i synteza układów uzwojeń w systemach
beprzewodowej transmisji energii elektrycznej”**

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Wojciecha Szelaży, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Poznańskiej z dnia 6 lipca 2023 r., zgodnie z Uchwałą nr 39/2022-2023 Rady Dyscypliny AEEiTK Politechniki Poznańskiej z dnia 21 czerwca 2023 r.

Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Rafał M. Wojciechowski, prof. PP, a promotorem pomocniczym jest dr inż. Łukasz Knypiński.

2. Ocena wyboru tematu i celu pracy

Gwałtowny rozwój urządzeń elektrycznych i elektronicznych, połączony z dążeniem do ich minimalizacji oraz rosnącymi wymaganiami w zakresie ich niezawodności, wydajności oraz łatwości użytkowania, spowodował wzrost zainteresowania technologiami bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej. Systemy bezprzewodowej transmisji energii (SBTE) zapewniają bezpieczeństwo, niezawodność i wygodę ze względu na eliminację połączeń przewodowych, a tym samym separację elektryczną. Jedną z najczęściej stosowanych obecnie technologii bezprzewodowej transmisji energii jest technologia wykorzystująca pole elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości. Tego typu rozwiązania stosowane są do ładowania urządzeń elektronicznych (np. telefonów), do zasilania ramion manipulatorów stosowanych w robotyce, we współczesnej medycynie, m.in. do ładowania baterii wspomagających pracę organów ludzkich czy do zasilania sensorów wykorzystywanych w badaniach i diagnostyce, jak również do bezprzewodowego ładowania akumulatorów i baterii pojazdów elektrycznych, zarówno zaparkowanych, jak i znajdujących się w ruchu. Istotnym zagadnieniem dotyczącym systemów bezprzewodowej transmisji energii jest projektowanie ich elementów składowych (cewek, układów zasilających i układów odbiorczych), połączone z analizą stanów pracy tych systemów. W analizie stanów pracy systemów bezprzewodowej transmisji energii stosuje się modele o parametrach skupionych (modele obwodowe) oraz modele polowe wykorzystujące metodę elementów skończonych. Modele obwodowe charakteryzują się krótkimi czasami

obliczeń, ale ich dokładność jest niezadowalająca. Natomiast modele polowe zapewniają wysoką dokładność obliczeń, które jednak – ze względu na wysoki stopień złożoności – są wysoce czasochłonne. Alternatywnym rozwiązaniem, będącym obszarem badań wielu ośrodków naukowych i przemysłowych, jest wykorzystanie w analizie stanów pracy oraz syntezie układów bezprzewodowej transmisji energii modeli hybrydowych (zwanymi również ekwiwalentnymi), które łącząc modele polowe oraz modele obwodowe – co umożliwia uzyskanie satysfakcjonującej wiarygodności uzyskanych wyników przy zredukowanym czasie wykonywania obliczeń.

Doktorantka w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej zaplanowała opracowanie i weryfikację modeli ekwiwalentnych wykorzystujących równoważne obwody Foster'a i/lub Cauera do analizy i syntezy układów uzwojeń w systemach bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej. Doktorantka sformułowała cel rozprawy jako:

„Opracowanie szybkobieżnych algorytmów oraz procedur numerycznych umożliwiających analizę stanów pracy oraz syntezę układów uzwojeń systemów bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej (SBTE) zasilanych z przemienników (falowników) wyższych częstotliwości. Przy opracowywaniu wymienionych algorytmów przewiduje się zastosowanie równoważnych obwodów Foster'a i Cauera oraz nowego ujęcia metody elementów skończonych, w którym do opisu pola elektromagnetycznego wykorzystuje się funkcje interpolacyjne elementu krawędziowego i ściankowego.”

oraz postawiła następującą tezę:

„W analizie ustalonych oraz przejściowych stanów pracy układów bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej istnieje możliwość zastosowania równoważnych obwodów Foster'a i Cauera w połączeniu z modelami obwodowymi oraz modelami wykorzystującymi najnowsze wielostopniowe ujęcie metody elementów skończonych.

Dzięki zastosowaniu wyżej wymienionych modeli numerycznych istnieje możliwość przyspieszenia obliczeń symulacyjnych dotyczących analizy stanów pracy systemów bezprzewodowej transmisji energii, ale również możliwość przyspieszenia obliczeń projektowych układów uzwojeń stosowanych w systemach bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej.”

Uważam, że podjęta przez Doktorantkę tematyka badawcza jest aktualna, wpisuje się w realizowane na świecie badania, a jej wybór jest istotny w kontekście prac naukowych i inżynierskich. Cel i tezy rozprawy zostały prawidłowo sformułowane i są zbieżne z tematyką i zakresem rozprawy doktorskiej.

3. Redakcja i zakres pracy

Rozprawa doktorska liczy 183 stron i zawiera: streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów, 8 rozdziałów, w tym: wprowadzenie, cel i zakres pracy, 4 rozdziały właściwe, podsumowanie i wnioski końcowe oraz literaturę. Spis literatury zawiera 191 pozycji, w tym 11 pozycji autorstwa lub współautorstwa Doktorantki.

W rozdziale 1, stanowiącym wprowadzenie do pracy, Doktorantka omówiła przyczynę powstania oraz rozwój systemów bezprzewodowego transferu energii (SBTE). Wskazała metody analizy stanów pracy SBTE za pomocą pola elektromagnetycznego wyższej częstotliwości (modele o parametrach skupionych, metodę elementów skończonych i modele ekwiwalentne), ich zalety i wady. Doktorantka w Rozdziale 1 sformułowała również cel i tezę rozprawy oraz w sposób syntetyczny przedstawiła zakres pracy w podziale na poszczególne rozdziały.

W rozdziale 2 Doktorantka przedstawiła główne obszary zastosowań systemów bezprzewodowego transferu energii (SBTE), w tym: układy ładowania urządzeń elektronicznych, układy zasilania ramion manipulatorów stosowanych w robotyce, układy stosowane we współczesnej medycynie, m.in. do ładowania baterii wspomagających pracę organów ludzkich czy do zasilania sensorów wykorzystywanych w badaniach i diagnostyce oraz systemy stosowane w motoryzacji do bezprzewodowego ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych. Scharakteryzowała układy i konfiguracje cewek wykorzystywanych w SBTE, w tym: cewki spiralne płaskie, płytki drukowane i cewki solenoidalne, jak również układy zasilające, rezonansowe i odbiorcze stosowane w SBTE.

Rozdział 3 został poświęcony opisowi obwodowych modeli układów z polem elektromagnetycznym o parametrach skupionych stosowanych w analizie systemów bezprzewodowego transferu energii (SBTE). Doktorantka przedstawiła stosowane schematy zastępcze SBTE, w tym w układach zasilanych ze źródeł wyższych częstotliwości, jak również formuły i zależności analityczne oraz algorytmy bazujące na metodach polowych służące do wyznaczania wartości parametrów skupionych tych schematów, tj. indukcyjności własnych i wzajemnych, rezystancji uzwojeń i pojemności pasożytniczych.

W rozdziale 4 Doktorantka przedstawiła metody numeryczne bazujące na dyskretyzacji przestrzeni i czasu (tzw. modele polowe) wykorzystywane do analizy układów z polem elektromagnetycznym. W sposób szczegółowy omówiła: (i) dwuwymiarowy model polowy wykorzystujący krawędziowe ujęcie metody elementów skończonych i sformułowanie $\mathbf{A}\text{-V}\text{-T}_0$ oraz (ii) trójwymiarowy model polowy łączący wielostopniowe ujęcie metody elementów skończonych i sformułowanie $\Omega\text{-T}\text{-T}_0$. Doktorantka opisała sposoby formułowania równań dla ujęcia 2D i 3D, jak również dla analizowanych przypadków zdefiniowała macierze impedancji $\underline{\mathbf{Z}}^{FEM}(\omega)$, wykorzystywane do wyznaczania wartości parametrów zastępczych obwodów Fostera i Cauera.

W rozdziale 5 omówiono możliwość zastosowania modeli ekwiwalentnych, tj. modeli obwodowo-polowych wykorzystujących obwody równoważne Fostera i/lub Cauera, w analizie systemów bezprzewodowego transferu energii zasilanych z przemienników częstotliwości. Doktorantka przedstawiła strukturę obwodów Fostera i Cauera, jak również możliwość ich wykorzystania w projektowaniu obwodów elektrycznych. W sposób szczegółowy omówiła metody wyznaczania parametrów obwodów Fostera i Cauera na podstawie modeli polowych: Metodę dopasowania bazującą na połączeniu algorytmu genetycznego ze strategią ewolucji (FM-GAES), Metodę redukcji modelu – Metodę bezpośredniego rozkładu ortogonalnego (MOR-POD) i Metodę redukcji modelu – Metodę Padé via Lanczos (MOR-PVL). Przedstawiła również opracowane algorytmy autorskie.

Rozdział 6 przedstawia wyniki badań weryfikujących skuteczność opracowanych przez Doktorantkę modeli numerycznych układów z polem elektromagnetycznym. Opracowane modele zostały przetestowane dla czterech układów, tj. (i) cewki solenoidalnej z przewodzącym rdzeniem, (ii) cewek sprzężonych magnetycznie, (iii) cewek sprzężonych magnetycznie z dołączonymi koncentratorami pola i płytami ekranującymi wykonanymi z aluminium oraz (iv) transformatora impulsowego zasilanego ze źródeł wyższej częstotliwości. Dla wszystkich analizowanych przypadków, Doktorantka wyznaczyła parametry obwodów Foster i/lub Cauerera, określiła czasy niezbędne do ich wyznaczenia oraz odniosła je do wartości referencyjnych, tj. otrzymanych z modeli polowych. Przedstawiła również wyniki badań weryfikacyjnych w zakresie przebiegu prądów i napięć dla badanych układów w przypadku ich zasilania ze źródeł wyższych częstotliwości.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie rozprawy doktorskiej, prezentuje wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz wykaz najważniejszych osiągnięć Doktorantki. W rozdziale brakuje natomiast wskazania obszaru przyszłych prac naukowo-badawczych Doktorantki.

Reasumując, uważam że treść oraz zakres rozprawy są zgodne z jej tytułem. Układ rozprawy jest czytelny, a kolejne rozdziały tworzą logiczną i spójną całość. Rozprawa została napisana w sposób zrozumiały, z użyciem poprawnego języka technicznego, a jej redakcja jest na dobrym poziomie. Dobór źródeł literaturowych oraz sposób ich cytowania w tekście rozprawy jest prawidłowy i świadczy o dobrym rozeznaniu Doktorantki w obszarze badań prezentowanych w rozprawie.

4. Ocena wartości naukowej

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktorantki należy zaliczyć:

- a) opracowanie i implementacja w autorskim oprogramowaniu dwuwymiarowego modelu polowego opartego o krawędziowe ujęcie metody elementów skończonych i sformułowanie $A-V-T_0$,
- b) opracowanie i implementacja w autorskim oprogramowaniu trójwymiarowego modelu polowego łączącego wielostopniowe ujęcie metody elementów skończonych i sformułowanie $\Omega-T-T_0$,
- c) opracowanie i weryfikacja metod wyznaczania parametrów obwodów Fostera i Cauera:
 - metody dopasowania bazującej na połączeniu algorytmu genetycznego ze strategią ewolucji (FM-GAES),
 - metody redukcji modelu – bezpośredniego rozkładu ortogonalnego (MOR-POD),
 - metody redukcji modelu Padé via Lanczos (MOR-PVL),
- d) opracowanie i wprowadzenie do metody dopasowania FM-GAES autorskiego operatora nazwanego „*dopływem świeżej krwi*”, umożliwiającego stopniowe zawężanie obszaru poszukiwań,
- e) opracowanie i weryfikacja metod analizy układów z polem elektromagnetycznym za pomocą modeli obwodowo-polowych (modeli ekwiwalentnych) wykorzystujących obwody równoważne Fostera i/lub Cauera,

- f) wykazanie, że użycie autorskich modeli ekwiwalentnych wykorzystujących obwody równoważne Fostera i/lub Cauera zapewnia skrócenie czasu obliczeń symulacyjnych stanów pracy i obliczeń projektowych układów uzwojeń stosowanych w systemach bezprzewodowej transmisji energii, w odniesieniu do modeli polowych.

Uważam, że zaproponowana w rozprawie obwodowo-polowa metoda analizy i syntezy układów uzwojeń w systemach bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej została pozytywnie zweryfikowana, a tym samym mgr inż. Milena Kurzawa udowodniła słuszność sformułowanych w rozprawie tez oraz osiągnęła zaplanowany cel.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, a w szczególności w obszar związany z opracowaniem wydajnych metod numerycznych wykorzystywanych do opisu i analizy pola elektromagnetycznego, w tym w systemach bezprzewodowej transmisji energii (SBTE).

5. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

5.1. Uwagi merytoryczne i kwestie dyskusyjne

- a) Podrozdział 2.4.3 zawiera zbyt szczegółowe oraz ogólnie znane informacje w zakresie budowy i zasady działania prostowników jedno- i dwu-połówkowych. Tym samym fragment ten nie stanowi istotnego wkładu w rozprawę doktorską. Z tego względu powinien zostać skrócony, tak aby prezentować informacje istotne dla tematyki i zakresu pracy.
- b) W Podrozdziale 3.3.1 na stronie 65 znajduje się zapis "Autorka uważa, że w przypadku analizy cewek drukowanych, a w szczególności cewek czworokątnych, obliczenia wartości pojemności C_S powinny być wykonane przy użyciu modeli polowych [102]". Czy to stwierdzenie zostało zaczerpnięte z pracy [102], czy jest rezultatem badań własnych Autorki?
- c) W Podrozdziale 3.3.2 na stronie 81 Autorka rozprawy powołuje się na wyniki badań własnych w zakresie wyznaczania pojemności międzyzwojowych C_{mz} . Czy wyniki tych badań zostały opublikowane lub czy zaplanowano ich publikację?
- d) W Podrozdziale 4.1 na stronie 84 znajduje się równanie (4.1.2.b) w postaci:

$$J = \sigma E + \frac{\partial}{\partial t} \varepsilon E + J_m.$$

Symbol J oznacza wektor gęstości prądu, a zatem równanie powinno być zapisane jako:

$$J = \sigma E + \frac{\partial}{\partial t} \varepsilon E + J_m.$$

- e) W przypadku zastosowania metody dopasowania opartej o algorytm optymalizacyjny GAES i funkcjonalny dany zależnością (5.3.1), Autorka rozprawy wskazała na występowanie dużych odstępstw otrzymanych charakterystyk częstotliwościowych parametrów obwodu w odniesieniu do charakterystyk rzeczywistych w zakresie niskich częstotliwości (Podrozdział 5.3.1, strona 110). Jak duże były te odstępstwa oraz w jakim stopniu zostały

- one zredukowane poprzez wykorzystanie w algorytmie optymalizacyjnym nowego, zaproponowanego przez Autorkę funkcjonału danego zależnością (5.3.2)?
- f) W końcowej części podrozdziału 5.3.1. Autorka rozprawy scharakteryzowała komercyjne programy zawierające zaawansowane metody dopasowania, np. Matlab i Scilab. Czy Autorka rozprawy wykorzystwała w badaniach te programy komercyjne? Jeśli tak – proszę o komentarz w zakresie porównania wyników wyznaczania parametrów obwodów Fostera i Cauera metodą autorską i programami komercyjnymi. Jeśli nie – jaki był cel umieszczania opisu tych programów w pracy doktorskiej?
- g) W przypadku wyników obliczeń weryfikacyjnych dla pojedynczej cewki można zauważyć, że krzywe reprezentujące zależność indukcyjności od częstotliwości uzyskane z metody dopasowania nie pokrywają się z krzywą referencyjną uzyskaną z modelu połowego (rysunki 6.2.6 i 6.2.8). Czym spowodowana jest ta rozbieżność? Czy zwiększenie liczby gałęzi obwodu Fostera/Cauera poprawiłoby rezultaty dopasowania?
- h) Dlaczego w przypadku zależności indukcyjności i rezystancji od częstotliwości wyznaczonych metodą FM (rysunki 6.2.5-8) wyniki prezentowane są dla częstotliwości powyżej ok. 100 Hz, natomiast w przypadku metody PVL (rysunki 6.2.9-12) – już od częstotliwości 0 Hz?
- i) Na rysunku 6.2.13 krzywa zależności indukcyjności od częstotliwości uzyskana metodą FM jest wyraźnie przesunięta "w górę" w całym zakresie częstotliwości względem krzywej referencyjnej uzyskanej metodą MP, natomiast na rysunkach 6.2.6 i 6.2.8 krzywe te przecinają się w punkcie odpowiadającym częstotliwości ok. 750 Hz (obwód Fostera) i ok. 1000 Hz (obwód Cauera). Czym spowodowana jest wskazana rozbieżność?
- j) Na rysunku 6.2.14 krzywa zależności rezystancji od częstotliwości uzyskana metodą FM jest przesunięta względem krzywej referencyjnej uzyskanej metodą MP, natomiast na rysunkach 6.2.5 i 6.2.7 krzywe te praktycznie się pokrywają. Czym spowodowana jest wskazana rozbieżność?
- k) W Tabelach 6.2.2-6.2.5 i 6.3.2 wartości wyznaczonych rezystancji i indukcyjności podano z dokładnością do 2 miejsc po przecinku (za wyjątkiem wartości R_4 dla $n = 4$ w Tabeli 6.2.4.a, dla której wynik podano z dokładnością do 3 miejsc po przecinku), w Tabelach 6.3.3-4 – z dokładnością do 4 lub 5 miejsc po przecinku, a w Tabelach 6.3.5-6 i 6.4.1-2 – z dokładnością do 3 miejsc po przecinku. Na jakiej podstawie zdeterminowano różną liczbę cyfr znaczących po przecinku w poszczególnych tabelach? Czy uzasadnione jest podawanie aż 5 cyfr znaczących po przecinku w przypadku dużych wartości rezystancji i indukcyjności, np. $R_M = 150\ 213,43541$ lub $L_M = 255\ 316,23254$ (Tabela 6.3.4)?
- l) Jak interpretować sformułowanie "satysfakcjonująca zgodność" w odniesieniu do porównania wyników obliczeniowych i pomiarowych rezystancji i indukcyjności dla przypadku cewek sprzężonych magnetycznie (strona 149)? Jakie były wartości różnicy względnej (błędu procentowego)?
- m) Analizując układ cewek II z koncentratorami pola i ekranującymi płytami aluminiowymi Autorka rozprawy stwierdziła: "Prowadząc badania zauważono, że zwiększenie liczby gałęzi obwodów równoważnych powyżej $n = 3$ nie zwiększyło już w sposób znaczący dokładności modelu ekwiwalentnego [133]", przy czym pozycja [133] to praca autorstwa T. Shimotani, Y. Sato, H. Igarashi, Compel (2016). Czy Autorka rozprawy przeprowadziła

własne badania upoważniająca ją do sformułowania powyższego stwierdzenia? Czy i gdzie zostały one opublikowane?

- n) Co oznaczają symbole " E_{qM} " umieszczone na rysunkach 6.3.17-18? Jeśli oznaczają "model ekwiwalentny", to jest niespójne z przyjętymi w pracy oznaczeniami.

5.2. Uwagi redakcyjne

Rozprawa doktorska została zredagowana bardzo poprawnie, z właściwym użyciem języka technicznego i zawiera tylko nieliczne uchybienia redakcyjne, które wymieniono poniżej:

- a) użycie niepoprawnej, tzn. rozłącznej, pisowni sformułowań „między cewkowa” i „między zwojowa”,
- b) użycie w tekście skrótu „na rys.”, zamiast poprawnej formy „na rysunku”, przykładowo: „... przedstawiono na rys. 2.2.1.” (strona 18); „... został przedstawiony na rys. 3.3.5.” (strona 68),
- c) uchybienia w użyciu znaków interpunkcyjnych, w tym:
 - brak kropek na końcu zdania, przykładowo „... umieszczona jest w samochodzie Przekazuje ona energię ...” (strona 18),
 - brak przecinków, przykładowo przed wyrazem „jak”: „... fal optycznych [57] jak również ...” (strona 26); „... zarówno pojemność między zwojową C_{mz} jak i pojemność ...”
 - nadmiarowe użycie przecinków, przykładowo: „W standardowych, przewodowych, rozwiązaniach styki...” (strona 21); „... sztuczne zastawki, oraz pompy serca ...” (strona 26); „... automatyczne ładowanie, oraz większa wydajność ...” (strona 30);
- d) uchybienia stylistyczne lub niejasne sformułowanie, przykładowo: „W przypadku cewek spolaryzowanych przykładowy sposób drogi strumienia głównego przedstawiono ...” (strona 32); „... nazywanym powszechnie wektorem strumieniami oczkowymi ...” (strona 78); „... za pomocą wektorów własnych macierzy i wartościach osobliwych.” (strona 108); „... korzystający z algorytmu algebry liniowej ...” (strona 124); „... przyjęła, ze wartości parametrów ...” (strona 144),
- e) występowanie tzw. „wdów”, przykładowo na stronie 38,
- f) podwójne (nakładające się nie siebie) użycie symbolu „b)” na rysunku 2.4.7 (strona 48),
- g) różne nazewnictwo stosowane w odniesieniu do „*radiation loss*”, tj. straty radiacyjne (strona 61) i straty promieniowania (strona 62),
- h) brak opisu symbolu D_0 we wzorze (3.3.1.6),
- i) brak kropek w oznaczeniach równań (4.1.1a), (4.1.1b), (4.1.1c) i (4.1.1d) na stronie 85,
- j) zamienne używanie słów „rozdział” i „punkt” w odniesieniu do podrozdziałów (strona 108),
- k) niekonsekwentny format zapisu symboli, przykładowo „ μ_j ” w równaniu 5.3.25 oraz „ μ_j ” w objaśnieniach pod równaniem,
- l) pisanie kursywą operatorów różniczkowania zwyczajnych i cząstkowych,
- m) użycie w Tabeli 6.2.2.a na stronie 132 kropek jako separatorów dziesiętnych,
- n) brak ujednoczenia opisu osi na rysunkach, tj. różna wielkość czcionki; stosowanie pełnych nazw „Rezystancja”, „Indukcyjność” zamiennie z symbolami „R”, „L” (rysunek 6.2.11); „*prąd*”, „*czas*” (rysunki 6.3.19-20) zamiennie z „I”, „t” (rysunki 6.2.16-17),

- o) drobne literówki, przykładowo: „niezalenie” (strona 77); „... układów w polu elektromagnetycznym ...” (strona 84),
- p) niespójności i uchybienia w wykazie literatury, w tym:
- brak ujednoczenia zapisu nazw czasopism. W zdecydowanej większości przypadków podawane są pełne nazwy czasopism, natomiast w niektórych pozycjach stosowane są skróty, przykładowo: IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech. (pozycje [16], [124], [125]); IEEE Trans. on Electromag. Compat. (pozycja [156]),
 - brak pełnych nazw konferencji w pozycjach literaturowych [21] i [114],
 - niepełne dane bibliograficzne pozycji [99] (nie podano woluminu, numerów stron, roku wydania) i [110] (nie podano numeru i tytułu rozdziału monografii, błąd w nazwie monografii),
 - drobne uchybienia w postaci braku kropek i przecinków (pozycje [32], [49]); braku oznaczeń „pp.” (pozycje [36], [143]); braku numerów stron (pozycje [40], [99], [126], [128]); zamiennego stosowania oznaczeń „vol.” i „Vol.” (pozycje [26], [32]).

Należy podkreślić, że wskazane uchybienia redakcyjne mają charakter incydentalny i nie wpływają w istotny sposób na ocenę merytoryczną rozprawy.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne jak również umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zawarte w punkcie 5 uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne nie wpływają w znaczący sposób na ocenę merytoryczną recenzowanej rozprawy.

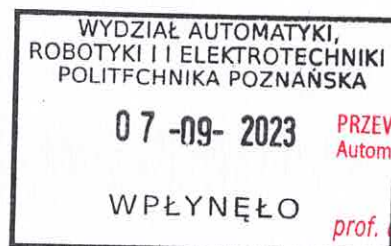
Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Mileny Kurzawy pt. *„Obwodowo – polowa analiza i synteza układów uzwojeń w systemach bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej”* **spełnia wymagania** stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. – Dz. U. z 2003 r. nr 65, poz. 595 ze zmianami wprowadzonymi Ustawą z dnia 18 marca 2011 r. i późniejszymi zmianami oraz w artykule 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. – Dz. U. 2023, poz. 742.

Niniejszym wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Mileny Kurzawy pt. *„Obwodowo – polowa analiza i synteza układów uzwojeń w systemach bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej”* do publicznej obrony.


.....
/dr hab. inż. Mariusz Najgebauer, prof. uczelni/

dr hab. inż. Mariusz Najgebauer, prof. uczelni
Katedra Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 17, 42-201 Częstochowa

Częstochowa, 05.09.2023 r.



PRZEWODNICZĄCY RADY DYSCYPLINY
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne
prof. dr hab. inż. Wojciech Szelaąg

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Mileny Kurzawy
pt. „Obwodowo – polowa analiza i synteza układów uzwojeń w systemach
beprzewodowej transmisji energii elektrycznej”**

Wniosek dodatkowy

Uwzględniając bardzo wysoki poziom merytoryczny rozprawy doktorskiej, a zwłaszcza opracowanie i implementację w autorskim oprogramowaniu dwu- i trójwymiarowych modeli polowych do analizy pól elektromagnetycznych, opracowanie i wprowadzenie do metody dopasowania FM-GAES autorskiego operatora nazwanego „*dopływem świeżej krwi*”, opracowanie i weryfikację metod wyznaczania parametrów obwodów Fostera i Cauera, opracowanie i weryfikację metod analizy układów z polem elektromagnetycznym za pomocą modeli obwodowo-polowych (modeli ekwiwalentnych), jak też nowoczesność i aktualność podjętej tematyki zarówno w obszarze badań naukowych, jak i prac inżynierskich, uważam recenzowaną rozprawę doktorską za wyróżniającą.

Niniejszym, składam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Mileny Kurzawy pt. „*Obwodowo – polowa analiza i synteza układów uzwojeń w systemach beprzewodowej transmisji energii elektrycznej*”.

Dodatkowym argumentem jest znaczący dorobek naukowy mgr inż. Mileny Kurzawy. Doktorantka jest autorką lub współautorką 30 artykułów naukowych, z których 3 zostały opublikowane w czasopismach z listy Journal Citation Reports (Sensors, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics i Measurement), oraz 10 publikacji w materiałach konferencyjnych. Mgr inż. Milena Kurzawa jest kierownikiem projektu pt. „*Komputerowy system do modelowania i analizy stanów pracy transformatorów małej mocy zasilanych ze źródeł wyższych częstotliwości*”, finansowanego z Narodowego Centrum Nauki w ramach konkursu PRELUDIUM. Doktorantka uczestniczyła również w 8 projektach badawczo-naukowych realizowanych we współpracy z przemysłem i 6 projektach finansowanych przez Politechnikę Poznańską.

.....
/dr hab. inż. Mariusz Najgebauer, prof. uczelni/