

dr hab. inż. Barbara Kaszowska  
profesor Uczelni  
Politechnika Opolska

Opole, 30.01.2024 r.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA  
Biuro Rady Dyscypliny  
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika  
i Technologie Kosmiczne

wpłynęło dnia 02.02.2024

nr ..... zał. ....

## Recenzja

dotycząca osiągnięć i aktywności naukowej dr. inż. Łukasza Majki,  
ubiegającego się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego  
w dyscyplinie

Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne

### 1. Podstawy formalne recenzji

Recenzja została przygotowana na zamówienie Politechniki Śląskiej, reprezentowanej przez Panią dr hab. inż. Monikę Kwokę, prof. PŚ w związku z powołaniem mnie przez Radę Dyscypliny Automatyka Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne ww. Uczelni na recenzenta komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. **Łukaszowi Majce** (Uchwała nr 78/2023 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne z dnia 21 listopada 2023 r.).

Podstawą opracowania recenzji były materiały przekazane przez Habilitanta, to znaczy:

- autoreferat przygotowany zgodnie z wymogami stosownych ustaw i rozporządzeń, zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowych oraz technicznych Kandydata uzyskanych po otrzymaniu stopnia doktora, a także omówienie osiągnięć badawczych świadczących o Jego aktywności naukowej,
- wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, w tym informacje o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym,
- informacje o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę,
- omówienie pozostałych ważniejszych osiągnięć badawczych, w tym przed doktoratem,
- informację o uzyskanych nagrodach i wyróżnieniach,
- dokumenty uzupełniające, w skład których wchodzi głównie dyplomy i świadectwa wskazujące na ukończeniu kursów poszerzających wiedzę naukową i techniczną oraz odbycie staży naukowych i przemysłowych.

## 2. Ogólne informacje o Habilitancie

Dr inż. **Łukasz Majka** urodził się 29.09. 1978 r. W roku 2002 ukończył studia magisterskie w zakresie specjalności Elektroenergetyka, kierunek Elektrotechnika na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej. W latach 2003 – 2007 był doktorantem na Wydziale Elektrycznym w Katedrze Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Śląskiej. W 2007 roku podjął w tej Uczelni pracę na stanowisku asystenta. W roku 2011 uzyskał na macierzystym Wydziale stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika na podstawie rozprawy pt. „*Estymacja parametrów modelu matematycznego zespołu wytwórczego pracującego w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym*”. Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Stefan Paszek, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Marian Łukaniszyn i prof. dr hab. inż. Bernard Baron. Od 2011 r. Habilitant jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Katedrze Elektrotechniki i Informatyki.

W działalności naukowo-technicznej Habilitanta można wyodrębnić następujące podstawowe obszary tematyczne:

- a) Analiza zjawisk przejściowych w czasie występowania zjawiska ferorezonansu.
- b) Modelowanie pasywnych elementów obwodu elektrycznego – głównie induktora w odmianie nieliniowej wynikającej z obecności rdzenia ferromagnetycznego.
- c) Modelowanie i estymacja parametrów obiektów elektrycznych – maszyn lub urządzeń elektroenergetycznych zlokalizowanych w obszarze wytwarzania energii elektrycznej.

Uważam, że osiągnięcia najnowszych badań Habilitanta z wymienionych obszarów tematycznych są bardzo wartościowe. Należy zaznaczyć, że wyniki badań i osiągnięcia dra Ł. Majki w poszczególnych obszarach są ze sobą ściśle powiązane.

## 3. Ocena cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących osiągnięcie naukowe, o którym mówi art. 219 ust. 1, pkt 2b obowiązującej ustawy „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce”

### 3.1. Ważność i aktualność tematyki

Habilitant przedstawił swoje osiągnięcie naukowe zatytułowane „Modelowanie elementów i układów elektrycznych na potrzeby analizy zdarzeń w systemie elektroenergetycznym”. Jest ono udokumentowane w cyklu 13 powiązanych tematycznie publikacji, podzielonych na dwie grupy:

- publikacje zaliczane do osiągnięcia głównego (7 publikacji),
- publikacje zaliczane do osiągnięcia drugiego (6 publikacji).

Problematyka przedstawionych osiągnięć naukowych dotyczy dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne w obszarach elektroenergetyki, informatyki, metrologii, również matematyki i metod numerycznych w elektrotechnice.

Przedmiotem badań Habilitanta jest przede wszystkim zjawisko ferorezonansu zachodzącego w układach z kondensatorami i cewkami z rdzeniem ferromagnetycznym, bardzo często skutkującego dużymi przepięciami i przetężeniami. Jest to poważny problem dla systemu elektroenergetycznego, w którym występuje duża liczba nieliniowych elementów indukcyjnych oraz elementów pojemnościowych, co w zróżnicowanych warunkach pracy systemu może generować wystąpienie zjawiska ferorezonansu. Istnieje więc realne niebezpieczeństwo wystąpienia poważnych i kosztownych uszkodzeń urządzeń sieciowych oraz problemów z

jakością energii elektrycznej. Stąd, analiza symulacyjna tego zjawiska wpisuje się w zakres aktualnej problematyki inżynierskiej, badawczej i naukowej, związanej z pracą systemu elektroenergetycznego.

Symulacja zjawiska ferrezonansu uwarunkowana jest dokładnością i wiarygodnością modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym, uwzględniającego różne zjawiska, takie jak nasycenie, anizotropia, histereza magnetyczna czy prądy wirowe. Trudnym zagadnieniem jest modelowanie histerezy magnetycznej dla stanów nieustalonych oraz odpowiedzi niesinusoidalnych z udziałem wyższych harmonicznych.

Dotychczas zaproponowano liczne modele opisujące zjawisko histerezy, przy czym duża ich część jest opracowana dla ściśle określonych warunków, a ponadto przy ich stosowaniu pojawiają różne trudności, takie jak:

- złożony opis, stwarzający trudności pod względem implementacji,
- duża liczba równań,
- konieczność stosowania zaawansowanych funkcji matematycznych,
- problemy ze stabilnością numeryczną.

Z powodu nieliniowości i histerezy poprawna analiza obwodu ferrezonansowego wymaga zastosowania metod w dziedzinie czasu. Ważna jest poprawna klasyfikacja zjawiska. Ciągłe prowadzone i publikowane w tym zakresie wyniki badań potwierdzają aktualność i duże znaczenie zagadnienia.

Habilitant zajął się również innym zagadnieniem, mianowicie modelowaniem i estymacją parametrów obiektów elektrycznych, głównie z podsystemu wytwórczego systemu elektroenergetycznego.

### **3.2. Cele pracy**

Rozwiązanie problemu określonego tytułem osiągnięcia naukowego na przykładzie zjawiska ferrezonansu wymagało od Habilitanta przyjęcia odpowiednich założeń, określenia celów badawczych oraz wskazania przeznaczenia wyników badań i opracowanej metodyki.

Habilitant sformułował następujące cele pracy:

1. Zbadanie stanu ustalonego i dynamicznego testowych obwodów w warunkach różnych poziomów nasycenia rdzenia induktora nieliniowego, w szczególności z badaniem stanów przejściowych towarzyszących wystąpieniu zjawiska ferrezonansu,
2. Zbadanie możliwości zastosowania nowych narzędzi matematycznych i numerycznych do opisu nieliniowych właściwości cewki z rdzeniem ferromagnetycznym oraz warunków ich implementacji,
3. Zbadanie możliwości wykorzystania przebiegów uzyskanych z pomiarów w procesie kreacji i walidacji modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym,
4. Opracowanie oryginalnego (autorskiego) modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym uwzględniającego modelowanie efektu histerezy i jego późniejsze zastosowanie w analizie i modelowaniu zjawiska ferrezonansu (z uwzględnieniem poczynionych założeń),
5. Symulacje obwodu ferrezonansowego i weryfikacja uzyskanych wyników z danymi pomiarowymi,
6. Diagnostyka i wizualizacja zjawiska ferrezonansu,
7. Wykorzystanie opracowanych narzędzi i metod do analizy obiektów, rozszerzenie zastosowania do innych zagadnień modelowania.

Sformułowane cele Habilitant konsekwentnie zrealizował prowadząc badania naukowe – samodzielnie i we współpracy z innymi Badaczami w Politechnice Śląskiej, w innych ośrodkach naukowych oraz w przemyśle. Należy podkreślić, że stworzył warsztat badawczy obejmujący:

- a) Stanowisko do badania zjawiska ferorezonansu, pozwalające na kontrolowane wywołanie i obserwowanie zjawiska ferorezonansu.
- b) Autorski system przeznaczony do diagnostyki laboratoryjnego obwodu ferorezonansowego (FeD) - całkowicie oryginalny i zbudowany w oparciu o platformę Arduino system łączy w sobie funkcje pomiarów, rejestracji oraz szeregu różnych operacji matematycznych, w tym - dla wybranych - w czasie rzeczywistym; system został wyposażony w eksperymentalny model ułamkowy induktora nieliniowego.

### 3.3. Realizacja celów pracy

Wymienione w punkcie 3.2 cele pracy zostały zrealizowane przez Habilitanta i opisane w cyklu publikacji o wysokim poziomie naukowym. **Cele 1, 4 i 5** zostały zrealizowane w publikacjach 1.1 i 1.2 (udział własny 100%) oraz w innych publikacjach, niezaliczonych do osiągnięcia głównego i drugiego. **Cele 2 i 3** zostały zrealizowane w publikacjach 1.1 i 1.2 (udział własny 100%), 1.3, 1.4, 1.5 i 1.6 (udział własny 50%) oraz 1.7 (udział własny 45%). **Cel 6** został zrealizowany w publikacjach 1.3, 1.4 i 1.5 (udział własny 50%) oraz 1.7 (udział własny 45%). **Cel 7** został zrealizowany w publikacjach Habilitanta, zaliczonych przez Niego do osiągnięcia drugiego.

Cele pracy były realizowane m. in. z wykorzystaniem zbudowanego przez Habilitanta obwodu laboratoryjnego rozumianego jako uproszczony fragment układu sieciowego, w którym może dojść do wystąpienia zjawiska ferorezonansu. Możliwość wywoływania w kontrolowanych warunkach zjawiska ferorezonansu została zapewniona poprzez płynną regulację napięcia zasilania oraz wprowadzenie do obwodu zmiennej rezystancji.

#### Realizacja celów 1, 4, 5

Cele te zostały zrealizowane w publikacjach 1.1 i 1.2 (udział własny 100 %), zaliczonych przez Habilitanta do osiągnięcia głównego.

##### **Publikacja 1.1.** *Fractional derivative approach in modeling of a nonlinear coil for feroresonance analyses*

Habilitant przedstawił wyniki badań własnych, których efektem było opracowanie implementacji modelu ułamkowego rzędu jako dokładniej odwzorowującego zachowanie rzeczywistej cewki z rdzeniem ferromagnetycznym. Opracowany model cewki z rdzeniem ferromagnetycznym umożliwia analizę stanu ustalonego dla różnych poziomów nasycenia rdzenia cewki, w tym – dla obu skrajnych poziomów nasycenia, przy zachowaniu niezmiennego zestawu parametrów modelu. Opracowane modelu cewki oraz jego implementacja są ważne ze względu na badanie zjawiska ferorezonansu.

**Publikacja 1.2.** *Applying a fractional coil model for power system feroresonance analysis*  
Habilitant przedstawił wyniki zastosowania modelu ułamkowego rzędu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym do symulacyjnego przedstawienia zarejestrowanego pomiarowo zjawiska ferorezonansu (dynamika zjawiska oraz aplikacja modelu do analizy stanów przejściowych).



W publikacjach 1.1 i 1.2 oraz w innych publikacjach niezaliczonych do osiągnięcia głównego i drugiego przedstawione są osiągnięcia własne Habilitanta, wśród których wyróżnić można:

- zrealizowanie badań stanu ustalonego i dynamicznego testowego obwodu w warunkach występowania zjawiska ferreozonansu,
- stworzenie autorskiej metodyki analizy cewki z rdzeniem ferromagnetycznym, realizowanej w oparciu o rejestrowane przebiegi pomiarowe napięcia i prądu i prowadzącej do bieżącej aktualizacji parametrów modelu induktora nieliniowego,
- opracowanie i udokumentowanie w publikacjach szeregu implementacji umożliwiających analizę cewki z rdzeniem ferromagnetycznym – indywidualnie lub grupowo, z uwzględnieniem wpływu pozostałych elementów obwodu, w którym taki induktor występuje,
- zastosowanie nowych narzędzi matematycznych i numerycznych do opisu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym, w tym opracowanie modelu z zastosowaniem rachunku pochodnej ułamkowej do modelowania zjawiska histerezy i konsekwencji wynikających z jego uwzględnienia w analizie zjawiska ferreozonansu,
- zrealizowanie „skoku” w obwodzie ferreozonansowym i uzyskanie wysokiej zgodności z danymi pomiarowymi zarejestrowanymi w testowym obwodzie rzeczywistym.

### **Realizacja celów 2 i 3**

Cele te zostały zrealizowane w publikacjach 1.1 i 1.2 (udział własny 100%), 1.3, 1.4, 1.5 i 1.6 (udział własny 50 %) oraz 1.7 (udział własny 45 %).

W etapie badań podstawowych Habilitant zmodyfikował znane modele – szeregowy i równoległy, zbudowane z liniowej rezystancji i nieliniowego induktora. Modele zostały opisane równaniami różniczkowo-algebraicznymi. Rozważane przebiegi opisywały ustalony stan pracy induktora. Estymacja współczynników równań przeprowadzona została z wykorzystaniem optymalizacji nieliniowej. Kolejnym etapem pracy była implementacja charakterystyki cewki jako rosnącej funkcji nieliniowej. Problem rozwiązywany dla całego obwodu jako zależny od czasu. Kolejnym etapem prac było wprowadzenie rachunku różniczkowego ułamkowego rzędu. Przyjęto definicję Caputo z rzędem pochodnych  $0 < \alpha \leq 1$ , stosowaną do analizy obwodów elektrycznych. Do rozwiązywania układów równań różniczkowo-algebraicznych uwzględniających pochodne ułamkowego rzędu Habilitant zbudował „solwer czasowy” rozwiązujący zagadnienie początkowe w danym przedziale czasowym w wybranych punktach czasu. Wspomniane powyżej narzędzia matematyczne zostały przez Habilitanta wybrane, przetestowane i zaimplementowane w badaniach oraz podsumowane w publikacji 1.1.

#### **Publikacja 1.2.** *Applying a fractional coil model for power system ferreozonance analysis*

Przedstawiono analizę symulacyjną scenariusza ferreozonansowego z wykorzystaniem opisanego w publikacji 1.1 solwera czasowego. Solwer miał bardziej złożoną postać ze względu na konieczność uwzględnienia zmiennych parametrów obwodu (czasowe zmiany wartości rezystancji od temperatury; rezystancja w obwodzie przyjmowała określony zakres wartości w zależności od poziomu napięcia zasilania i co za tym idzie prądu płynącego przez obwód). W procesie estymacji parametrów obwodu ferreozonansowego, dla liniowego elementu C zastosowano liniową metodę najmniejszych kwadratów.

#### **Publikacja 1.3.** *Diagnostic approach in assessment of a ferreozonant circuit*

#### **Publikacja 1.5.** *Diagnosis of a ferreozonance type through visualization*

W publikacjach opisano moduł symulacyjny, w którym zaimplementowano model uławkowy induktora nieliniowego (nieliniowa cewka uławkowa bocznikowana rezystancją liniową). Moduł ten umożliwia estymację parametrów elementów obwodu na podstawie zarejestrowanych przebiegów napięć i prądów. Dla wyznaczonych parametrów można przeprowadzić analizę symulacyjną w okresowym stanie ustalonym.

Przedstawiono wyniki analiz matematycznych wykonanych z wykorzystaniem zarejestrowanych przebiegów prądów i napięć. Obliczono wartości True RMS oraz zwizualizowano wielkości, które nie są mierzone bezpośrednio (strumień, straty mocy). Zrealizowano numerycznie zaawansowane metody analizy ferrozonansu.

**Publikacja 1.6.** *Diagnosis of a ferroresonance type through visualization*

Przeprowadzono krytyczną analizę mającą na celu zdiagnozowanie możliwych słabych stron opracowanych modeli. Metodycznie badano właściwości modeli ze szczególnym uwzględnieniem modelowania histerezy w całym zakresie nasycenia. Badania obejmowały przypadki modeli klasycznych, a także nowe propozycje modeli uwzględniających elementy uławkowego rzędu, w tym nieliniową cewkę uławkową (wyodrębniono sześć różnych modeli). Opracowano narzędzie do analizy podatności odpowiedzi modelu w celu poznania, w jaki sposób cechy modeli wpływają na kształt wynikowej histerezy. Dla elementów nieliniowych funkcje opisujące zależności między odpowiednimi zmiennymi uzyskiwane były z sekwencji par punktów otrzymywanych z estymowanych parametrów. Zastosowano oryginalną metodologię, opisaną w publikacji. W celu stwierdzenia, w jaki sposób każda cecha (parametry oraz kształty funkcji nieliniowych) rozważanych modeli wpływa na ich reakcję (zwłaszcza na kształt wynikowej histerezy), przeprowadzono analizę podatności odpowiedzi modelu. Sformułowano wnioski z przeprowadzonych analiz. Wyniki wyraźnie wskazują na polepszenie dokładności przy zastosowaniu modeli zawierających elementy uławkowego rzędu. Optymalny okazał się model  $R_N L_N^\alpha$ .

**Realizacja celu 6**

**Publikacja 1.3.** *Diagnostic approach in assessment of a ferroresonant circuit*

**Publikacja 1.4.** *Enhancing the possibilities in visualisation of the ferroresonance phenomenon*

**Publikacja 1.5.** *Diagnosis of a ferroresonance type through visualization*

Publikacje zawierają wyniki badań określonych przez Habilitanta jako diagnostyka obwodu ferrozonansowego. Zdiagnozowane cechy obwodu, szczególnie właściwości induktora określają podejście do analizy zjawiska ferrozonansu i sposób modelowania cewki z rdzeniem ferromagnetycznym. Przeprowadzono badania w nowym obwodzie ferrozonansowym, w wyniku których powstała baza implementacji w różnych środowiskach (Matlab, Octave, Scilab).

Na podstawie przeprowadzonych badań zbudowano autorski system przeznaczony do diagnostyki laboratoryjnego obwodu ferrozonansowego (FeD). Całkowicie oryginalny i zbudowany w oparciu o platformę Arduino system łączy w sobie funkcje pomiarów, rejestracji oraz szeregu różnych operacji matematycznych, w tym - dla wybranych - w czasie rzeczywistym. Za jego pomocą można uzyskać podgląd przebiegów napięć i prądów, pomiary wartości True RMS (i ich wizualizacje), obliczenia wielkości, które nie są mierzone bezpośrednio (np. strumień, straty mocy), zaawansowane analizy przetwarzania 24 sygnałów, np. STFT, zaawansowane analizy ferrozonansu (mapy Poincare, wizualizacje trajektorii 3D). System jest wszechstronny,

działa ze standardowym komputerem PC i zapewnia komunikację w standardzie USB. Sterowanie funkcjami systemu odbywa się poprzez autorskie oprogramowanie, zaimplementowane w środowisku SciLab, kompatybilne z innymi istniejącymi programami CAS (ang. Computer Algebra Systems), takimi jak Octave i MATLAB. Uzyskane dane, skrypty i wyniki można swobodnie przenosić między nimi. Program wyposażony jest w przejrzysty graficzny interfejs użytkownika. System FeD został wyposażony w moduł symulacyjny z zaimplementowanym eksperymentalnym modelem ułamkowym induktora nieliniowego o odmiennym kształcie histerezy.

**Publikacja 1.7.** *Measurement-based stiff equation methodology for single phase transformer inrush current computations*

Model induktora nieliniowego zastosowano praktycznie do badania stanów dynamicznych transformatora jednofazowego, zwłaszcza załączanego do pracy bez obciążenia. We współpracy z AGH opracowano kompletną i zweryfikowaną pomiarowo metodę wyznaczania przebiegów prądu rozruchowego transformatora oraz innych sygnałów (np. strumieni i napięć). Do analizy przejściowej odpowiedzi dynamicznej badanego transformatora opracowano model nieliniowy, na podstawie którego wyprowadzono sztywne równania różniczkowe. Do analiz symulacyjnych wykorzystano dedykowane oprogramowanie napisane w języku C# z oryginalną implementacją pięciostopniowego algorytmu Radau IIA wybranego spośród znanych wariantów metod niejawnych Rungego-Kutty.

Opracowane narzędzie numeryczne pozwoliło również na wszechstronną analizę, m.in. estymację wybranych parametrów przyjętego modelu transformatora, analizę charakterystyk  $B(H)$  i  $\psi(i)$  oraz przebiegów  $u$ ,  $i$ ,  $\psi$ , analizę wpływu impedancji sieci zasilającej oraz fazy początkowej napięcia zasilania, modelowanie i symulację przebiegów w stanie ustalonym transformatora pracującego na biegu jałowym.

**Realizacja celu 7**

Zrealizowanie celu 7 jest opisane przez Habilitanta przede wszystkim w publikacjach zaliczonych do osiągnięcia drugiego oraz w innych publikacjach. Są to badania związane z modelowaniem i estymacją parametrów obiektów elektrycznych, głównie z obszaru wytwórczego systemu elektroenergetycznego.

Cewka z rdzeniem ferromagnetycznym oraz jej model matematyczny odgrywają kluczową rolę w modelowaniu maszyn i urządzeń elektrycznych. Potwierdzenie skuteczności i korzyści płynących z zastosowania rachunku pochodnej ułamkowej (osiągnięcie główne) w modelowaniu induktora nieliniowego w stanach przejściowych miało zasadniczy wpływ na badania związane z modelowaniem obiektów zawierających taki element lub jego cechy (nieliniowość, histereza).

**Publikacja 2.1.**

Przedstawiono metodykę badań dla metody realizowalnej na postoju generatora synchronicznego oraz wyniki estymacji parametrów modelu matematycznego turbogeneratora zainstalowanego w elektrociepłowni z wykorzystaniem przebiegów dynamicznych rejestrowanych na postoju maszyny.

**Publikacja 2.2.**

Przedstawienie warsztatu badawczego oraz zgromadzonych narzędzi i doświadczeń. Stanowi przegląd najważniejszych dokonań Habilitanta i opracowanych przez Niego narzędzi.

### **Publikacja 2.3.**

Opracowanie wiarygodnej i szybkiej metody estymacji częstotliwości na podstawie zarejestrowanego przebiegu napięcia stojana generatora. W pracy przedstawiono wyniki implementacji wybranych algorytmów estymacji częstotliwości. Był to punkt wyjścia do analizy zjawisk przejściowych w czasie występowania zjawiska ferorezonansu.

### **Publikacje 2.4, 2.5.**

Zastosowanie rachunku pochodnej ułamkowej w modelowaniu obiektów na przykładzie wzbudnicy prądu przemiennego wysokiej częstotliwości z dodatkowym regulatorem, stanowiących istotny fragment elektromaszynowego układu wzbudzenia bloku energetycznego 200 MW. Szczegółowa analiza podatności modelu na zmiany jego parametrów.

### **Publikacja 2.6.**

Propozycja rozszerzonego modelu regulatora napięcia, wykorzystywanego w energetyce i stosowanego do celów regulacji dużych jednostek wytwórczych (> 200 MW). Model wprowadza nieliniowość oraz zakłada zastosowanie rachunku ułamkowego.

Habilitant wskazał w publikacjach oraz w autoreferacie następujące kierunki dalszych badań:

- a) zaprojektowanie modeli, które mogłyby dokładnie odzwierciedlać pomiary uzyskane nie tylko dla różnych poziomów nasycenia rdzenia ferromagnetycznego, ale także dla scenariuszy, w których celowo zostaną wprowadzone bardzo istotne składowe wyższych harmonicznych,
- b) ulepszenia modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym przy wykorzystaniu innych definicji pochodnej ułamkowej
- c) kompleksowa analiza przypadków, w których można zaobserwować inne mody ferorezonansu,
- d) dalsze implementacje i wdrożenia modeli ułamkowych cewki z rdzeniem ferromagnetycznym w układach cewek sprzężonych magnetycznie,
- e) przeniesienie oraz implementacja całokształtu problemu modelowania cewek z rdzeniem ferromagnetycznym i ferorezonansu do struktur trójfazowych.

### **3.4. Ocena osiągnięcia głównego i drugiego**

Ocena podsumowująca osiągnięcie główne i badania prezentowane w poszczególnych publikacjach wynika z przedstawionej wyżej oceny poszczególnych publikacji. Pozytywnie oceniam wybór i aktualność tematyki badawczej przedstawionej jako osiągnięcie główne i drugie.

Uważam, że w dorobku Habilitanta można wyodrębnić dwie grupy osiągnięć: (A) osiągnięcia o charakterze naukowym i (B) osiągnięcia inżynierskie o charakterze naukowo – badawczym i praktycznym.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych zaliczam:

- a) stworzenie autorskiej metodyki analizy cewki z rdzeniem ferromagnetycznym, realizowanej w oparciu o rejestrowane przebiegi pomiarowe napięcia i prądu i prowadzącej do bieżącej aktualizacji parametrów modelu induktora nieliniowego,
- b) zastosowanie nowych narzędzi matematycznych i numerycznych do opisu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym, w tym w szczególności opracowanie modelu z zastosowaniem

rachunku pochodnej ułamkowej do modelowania zjawiska histerezy i jego uwzględnienia w analizie zjawiska ferrozonansu,

- c) opracowanie i udokumentowanie w publikacjach szeregu implementacji umożliwiających analizę cewki z rdzeniem ferromagnetycznym – indywidualnie lub grupowo, z uwzględnieniem wpływu pozostałych elementów obwodu, w którym taki induktor występuje.

Do najważniejszych osiągnięć inżynierskich o charakterze naukowo – badawczym i praktycznym, wskazanych w publikacjach zaliczonych do osiągnięcia głównego i drugiego należą wg mnie:

- a) Badanie stanów dynamicznych transformatora jednofazowego załączanego do pracy bez obciążenia – estymacja parametrów modelu transformatora, analiza charakterystyk  $B(H)$  i  $\psi(i)$ , przebiegów  $u$ ,  $i$ ,  $\psi$ , analiza wpływu impedancji sieci zasilającej oraz fazy początkowej napięcia zasilania, modelowanie i symulację przebiegów w stanie ustalonym transformatora pracującego na biegu jałowym.
- b) Opracowanie wiarygodnej i szybkiej metody estymacji częstotliwości na podstawie zarejestrowanego przebiegu napięcia stojana generatora.
- c) Opracowanie z zespołem dr hab. inż. Krzysztofa Oprzędkiewicza, prof. Akademii Górniczo – Hutniczej z Katedry Automatyki i Robotyki oraz dr hab. inż. Marcinem Sową, prof. Pol. Śl. z Katedry Elektrotechniki i Informatyki Wydziału Elektrycznego Pol.Śl. rozszerzonego modelu regulatora napięcia stosowanego do celów regulacji dużych jednostek wytwórczych.

Najważniejszym osiągnięciem naukowym wg mnie jest opracowanie modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym wykorzystującego rachunek pochodnej ułamkowej do uwzględnienia zjawiska histerezy, służącego do modelowania urządzeń elektroenergetycznych.

Porównanie wyników modelowania oraz ich weryfikacja pomiarowa wskazuje na dużą dokładność opracowanego modelu.

Empirycznie potwierdzona skuteczność i korzyści płynące z zastosowania rachunku pochodnej ułamkowej w modelowaniu induktora nieliniowego w stanach przejściowych wskazały na dalsze kierunki prac w zakresie badania możliwości modelowania innych elementów składowych zespołów wytwórczych, takich jak generatory synchroniczne i układy wzbudzenia.

Chciałabym podkreślić wysoką rangę naukową recenzowanych przeze mnie osiągnięć Habilitanta.

Na uwagę zasługuje fakt, że Autor wskazał też kierunki dalszych badań, które będą mogły być oparte na opracowanym modelu cewki z rdzeniem ferromagnetycznym. Najważniejsze wg mnie, jest przeniesienie oraz implementacja całokształtu problemu modelowania cewek z rdzeniem ferromagnetycznym i ferrozonansu do układów trójfazowych, co ma bardzo duże znaczenie w analizach stanów pracy systemów elektroenergetycznych.

Dr inż. S. Majka ma dużą wiedzę z zakresu modelowania elementów systemu elektroenergetycznego oraz bardzo dobre rozeznanie w nowoczesnych metodach i algorytmach obliczeniowych. Wskazany cykl publikacji przedstawia konsekwentny tok badań i ich wyników, prowadzący do realizacji założonych celów. Habilitant wykazał się dużymi umiejętnościami inżynierskimi oraz wysokimi kwalifikacjami w projektowaniu i budowie stanowisk do badań eksperymentalnych i pomiarowych urządzeń elektroenergetycznych.

Uwzględniając powyższe, uważam, że **osiągnięcia naukowe główne i drugie pt. „Modelowanie elementów i układów elektrycznych na potrzeby analizy zdarzeń w systemie**



**elektroenergetycznym” spełniają wymogi obowiązującej ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce” i wnoszą znaczny wkład w rozwój dyscypliny „Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne”, w szczególności w rozwój teorii modelowania urządzeń elektroenergetycznych.**

**4. Wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny i jego aktywność naukowa, o których mówią art. 219 ust. 1, pkt 2 i 3 obowiązującej ustawy „Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce”**

**4.1 Aktywność naukowa**

Dr Ł. Majka prowadzi swoją działalność naukową w Katedrze Elektrotechniki i Informatyki w Zespole Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki. Jest to zespół mający wysoką pozycję w środowisku naukowym zajmującym się m. in. różnymi aspektami pracy systemu elektroenergetycznego, analizą i syntezą układów elektrycznych i elektronicznych, maszynami i napędami elektrycznymi. W związku z tym, aktywność naukowa Habilitanta wynika m. in. z dużej aktywności zespołu. Większość Jego publikacji naukowych jest współautorska.

Dorobek publikacyjny dr. Ł. Majki jest znaczący. Dorobek publikacyjny po uzyskaniu stopnia doktora do dnia złożenia Wniosku obejmuje 37 pozycji, :

- 2 monografie współautorskie wydane w wydawnictwie Springer oraz w Politechnice Śląskiej;
- 23 rozdziały w monografiach (w tym w materiałach konferencyjnych)
- 5 artykułów współautorskich w zeszytach naukowych Politechniki Śląskiej, Poznańskiej i Gdańskiej;
- 14 artykułów naukowych samodzielnych i współautorskich opublikowanych w czasopiśmie (Energies – 1, Przegląd Elektrotechniczny - 2, Bulletin of the PAN (Technical Science) -2, AEU-International Journal of Electronics and Communications – 1, Nonlinear Dynamics – 1, Electrical Engineering (Springer) – 1, International Journal of Electrical Power & Energy Systems – 1 (i inne);
- 20 referatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych, zamieszczonych w materiałach konferencyjnych.

Do tego należy dodać prace projektowe i opracowania związane z realizacją badań na rzecz gospodarki narodowej.

W latach 2009 – 2012 Habilitant był uczestnikiem projektu badawczego, którego celem było opracowanie modeli symulacyjnych zespołów wytwórczych w szczególności generatorów synchronicznych i układów wzbudzenia, przeprowadzenie analizy wrażliwości przebiegów wybranych wielkości elektrycznych zespołu wytwórczego na zmianę parametrów opracowanych modeli, opracowanie projektu i wykonanie prototypu układu pomiarowego kąta obciążenia generatora i układu generacji sygnału PRBS, opracowanie algorytmów obróbki sygnałów pomiarowych oraz opracowanie algorytmu estymacji parametrów opracowanych modeli elementów bloku wytwórczego.

W latach 2013–2015 roku Habilitant był członkiem Zespołu Badawczego Instytutu Elektrotechniki i Informatyki, który realizował projekt optymalizacji torów wielkopiętrowych w

piecach oporowo – łukowych zainstalowanych w Hucie Łaziska. Do jego obowiązków należało opracowanie koncepcji, a następnie realizacja pomiarów i interpretacja/analiza wyników.

Habilitant współpracował ze spółką Energotest – Gdańsk oddział w Gliwicach realizując prace pomiarowe w czynnych elektrowniach zawodowych dla potrzeb prac badawczych Habilitanta oraz innych pracowników Instytutu. Prace badawcze Habilitanta dotyczyły przede wszystkim doskonalenia modeli matematycznych głównych elementów składowych turbozespołu oraz doskonalenia procedury estymacji ich parametrów rejestrowanych na bloku w trakcie prób uruchomieniowych oraz przy normalnej pracy. Efektami prac było opracowanie nowego zestawu parametrów nastaw stabilizatorów systemowych wdrożonych przez Energotest-Gdańsk oraz opracowanie metodyki i narzędzi do wyznaczania parametrów (nastaw) regulatora napięcia zmodernizowanego bloku wytwórczego typoszeregu 200 MW oraz pomiarowa weryfikacja parametrów modelu matematycznego dodatkowego regulatora (obwody siłowe regulatora napięcia) w elektromaszynowym układzie wzbudzenia.

Dodatkowo, należy stwierdzić, że Habilitant współpracuje z innymi badaczami i zespołami naukowo – badawczymi, co pozwala na konfrontację różnych metod badawczych oraz opracowanie i rozszerzenie narzędzi badawczych. Wskazuje również na umiejętność budowania zespołów badawczych i twórczego uczestnictwa w pracach zespołu.

Przy ocenie pozycji Habilitanta w krajowym i międzynarodowym środowisku naukowym należy uwzględnić, że był proszony o przygotowanie recenzji artykułów do renomowanych czasopism, takich jak: *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Springer; *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, PAN; *Computer Applications in Engineering Education*, Wiley; *Advances in Difference Equations*, Springer; *IEEE Transactions on Power Delivery*, *Measurement*, Elsevier.

#### **4.2. Dane naukometryczne**

Sumaryczne dane naukometryczne dotyczące dorobku publikacyjnego Kandydata są następujące (do dnia złożenia Wniosku):

- Sumaryczny *Impact Factor* artykułów autorstwa i współautorstwa wnioskodawcy po doktoracie wynosi 19,716
- Sumaryczna liczba cytowań: – w bazie Web of Science (WoS): 77, w tym autocytowań 24; - w bazie Scopus: 102, w tym autocytowań 33; - wg Google Scholar 211;
- *Indeks Hirscha* w bazie WoS: 6; w bazie Scopus: 7; wg Google Scholar 10;
- Liczba punktów MEiN dla publikacji wykazanych jako osiągnięcia główne oraz drugie, obliczona proporcjonalnie do wkładu własnego autorów – po uzyskaniu stopnia doktora 404,2.

Wynika z tego, że dorobek publikacyjny Kandydata jest wartościowy, a Jego działania naukowe są znane.

**W mojej ocenie, omówiony powyżej dorobek naukowy, w tym dorobek publikacyjny i projektowy oraz cała działalność badawcza dr. Ł. Majki świadczą o Jego dużej aktywności naukowej, o której mówi art. 219 ust. 1. pkt 2 i 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.**

## 5. Ocena działalności w zakresie współpracy z otoczeniem gospodarczym

Habilitant zajmuje się opracowywaniem ekspertyz i analiz dotyczących zakłóceń w pracy wewnątrzzakładowej sieci elektroenergetycznej oraz na granicy z Operatorem Systemu Dystrybucyjnego (OSD), zdarzeń awaryjnych, nastaw układów SZR, pomiarów rezystancji izolacji oraz ochrony przeciwporażeniowej, jakości energii.

Habilitant współpracował z przemysłem jako członek zespołów eksperckich dla prac kontrolnych, poawaryjnych i odbiorczych z zakresu elektrotechniki, jak i dokonując prac pomiarowych i obliczeniowych dla nowych i modernizowanych obiektów i instalacji przemysłowych. Rezultatem przeprowadzonych prac były projekty modyfikacji w sposobach i rozwiązaniach w infrastrukturze elektrycznej i zabezpieczeniowej zakładów przemysłowych.

Habilitant współpracował ze spółką Energotest – Gdańsk oddział w Gliwicach, realizując prace pomiarowe w czynnych elektrowniach zawodowych dla potrzeb prac badawczych. Efektami tej współpracy było opracowanie nowego zestawu parametrów nastaw stabilizatorów systemowych wdrożonych przez Energotest-Gdańsk oraz opracowanie metodyki i narzędzi do wyznaczania parametrów (nastaw) regulatora napięcia zmodernizowanego bloku wytwórczego typoszeregu 200 MW, a także pomiarowa weryfikacja parametrów modelu matematycznego dodatkowego regulatora (obwody siłowe regulatora napięcia) w elektromaszynowym układzie wzbudzenia.

Dr Ł. Majka odbył staże:

- a) w latach 2017 – 18 staż badawczy w korporacji TAKENAKA oddział Gliwice - nadzorowanie przebiegu całej inwestycji, począwszy od kierowania przygotowaniem wniosku, a następnie realizacją projektu w obszarze elektrotechniki, jako inżynier budowy - inżynier elektryk i koordynator zadań;
- b) w latach 2018 – 20 staż badawczy w NGK Ceramics Polska - utrzymanie sprawności instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych, efektywność energetyczna (jakość energii elektrycznej) oraz zabezpieczenia infrastruktury elektrycznej hal zakładu. Brał istotny udział w tworzeniu specjalistycznego stanowiska badawczego do badania aparatów i urządzeń pozostających w ciągłym ruchu elektrycznym;

Brał udział w projekcie optymalizacji torów prądowych w Hucie Łaziska oraz w pracach badawczych Centrum Badawczo – Rozwojowego GŁOKOR realizowanych dla KGHM Głogów. Zlecone na terenie kombinatu KGHM Głogów w Żukowie badania rezystancji w otoczeniu pieca elektrycznego stanowiły istotny element realizacji projektu instalacji nowego pieca.

Współpracował z Działem Inżynieryjnym brytyjskiej firmy Cheval Collection w Londynie w zakresie uruchomienia generatora zasilania rezerwowego oraz transformatora 1250 kVA.

Uczestniczył w pomiarach i badaniach elementów tworzących zakładową sieć elektroenergetyczną SN i nN. Prowadził badania związane z kompensacją mocy biernej, analizą obciążeń sieci zakładowej, jakością energii elektrycznej.

Dr Ł. Majka brał udział w opracowaniu licznych ekspertyz i analiz dotyczących zakłóceń, zapadów napięć i ich wpływu na pracę urządzeń produkcyjnych, jakości energii elektrycznej, zdarzeń awaryjnych, nastaw układów SZR i innych.

Współpraca z otoczeniem gospodarczym pozwoliła Habilitantowi poszerzyć wiedzę i zapoznać się z nowymi obszarami badawczymi, co przyczyniło się do Jego rozwoju zawodowego i naukowego. Wyniki pomiarów, badań oraz działań wdrożeniowych zostały uwzględnione w

publikacjach stanowiących dorobek Habilitanta. Jednocześnie można zauważyć zastosowania praktyczne wyników badań prowadzonych przez Habilitanta.

**W mojej ocenie, działalność pana dr. Ł. Majki w zakresie współpracy z otoczeniem gospodarczym jest szeroka i różnorodna, przynosi obopólne korzyści i świadczy o Jego dużej aktywności i zaangażowaniu w tę działalność.**

## 6. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Łukasz Majka jest nauczycielem akademickim od 2007 roku, zatrudnionym kolejno na stanowisku asystenta i adiunkta na Wydziale Elektrycznym, tak więc Jego działalność zawodowa związana jest z dydaktyką. W ramach obowiązków nauczycielskich prowadzi ćwiczenia tablicowe, zajęcia laboratoryjne i seminaria dla studentów studiów I i II stopnia na kierunkach: Elektrotechnika oraz Informatyka i Mechatronika dla przedmiotów: “Podstawy elektrotechniki”, “Elektrotechnika”, “Teoria obwodów”, “Dynamika obwodów” oraz “Wybrane działy z elektrotechniki”, „Obwody i sygnały”, „Algorytmy przetwarzania sygnałów”. Dr Ł. Majka prowadzi również zajęcia na Wydziałach Mechanicznym i Technologicznym oraz Energetyki i Ochrony Środowiska.

Dr Ł. Majka kierował Laboratorium Teorii Obwodów oraz Inżynierii Elektrycznej ośrodkiem zamiejscowym Politechniki Śląskiej w Rybniku, a po jego likwidacji wyposażenie jest sukcesywnie włączane do pracy w innych laboratoriach. Od roku 2019 dr Majka jest kierownikiem Laboratorium Automatyzacji Procesów Przemysłowych.

Podejmował się również opieki zawodowej nad studentami kierunku Elektrotechnika oraz współpracował ze studentami studiów III stopnia.

Jego działalność dydaktyczna została trzykrotnie nagrodzona przez Samorząd Studencki Wydziału Elektrycznego Nagrodą Złotej Kredy.

W latach 2012 – 2016 był członkiem Wydziałowej Komisji ds. Kształcenia oraz Wydziałowego Zespołu ds. Akredytacji.

W 2017 roku został powołany na stanowisko pełnomocnika Centrum Popularyzacji Nauki Politechniki Śląskiej, najpierw w Instytucie, a następnie Katedrze Elektrotechniki i Informatyki. Do jego zadań należała koordynacja na poziomie katedralnym projektów popularyzatorskich, które organizuje lub współorganizuje uczelnia (Dzień Nauki, Politechnika III Wieku, Akademia Przedszkolaka oraz Śląski Festiwal Nauki) oraz współpraca z Wydziałowym Przedstawicielem pełnomocnika Centrum Popularyzacji Nauki.

W roku 2022 był członkiem Zespołu Liderów Popularyzacji Nauki. Praca zespołu wiązała się z nadaniem miastu Katowice tytułu Europejskiego Miasta Nauki 2024 co stworzyło okazję, aby uczelnie konsorcjum akademickiego województwa wyeksponowały swój dorobek i potencjał, zwłaszcza społecznościom lokalnym.

W marcu 2023 roku został powołany przez Dziekana Wydziału Elektrycznego, jako Pełnomocnik Katedry Elektrotechniki i Informatyki ds. promocji i popularyzacji nauki. Zadania, jakie wykonuje, polegają na: doradzaniu Kolegium Dziekańskiemu w zakresie działań promocyjnych, opracowywaniu strategii i kampanii informacyjnych i promocyjnych dla kandydatów na studentów, współpracy ze szkołami średnimi regionu, nawiązywania kontaktów z lokalnymi przedsiębiorstwami w celu rozpowszechniania oferty badawczej Wydziału, współorganizacji imprez uczelnianych i wydziałowych.

**Według mnie, działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska pana dr. Ł. Majki świadczą o Jego dużej aktywności i zaangażowaniu w tę działalność na Uczelni oraz poza nią.**

## 7. Podsumowanie


Uważam, że przedstawione przez dr. Ł. Majkę **osiągnięcia naukowe** spełniają wymogi, o których mówi **art. 219 ust. 1 obowiązującej ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce**, to znaczy, że przedstawione osiągnięcie pt. **„Modelowanie elementów i układów elektrycznych na potrzeby analizy zdarzeń w systemie elektroenergetycznym” i dorobek naukowy wnoszą znaczny wkład Autora w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.**

Dorobek naukowy i publikacyjny dr. Ł. Majki i zainteresowanie Jego publikacjami, a także udział w projektach badawczych oraz współpraca ze środowiskiem akademickim i gospodarczym wskazują na **aktywność naukową Habilitanta.**

Stwierdzam, że Habilitant bardzo dobrze opanował warsztat naukowy. Umiejętnie i właściwie posługuje się metodami badawczymi, co świadczy o Jego wiedzy oraz doświadczeniu badawczym. Przedstawione osiągnięcia naukowe mają charakter nowatorski, a tym samym stanowią istotny wkład do rozwoju dyscypliny.

W związku z powyższym, mogę stwierdzić, że osiągnięcia naukowe oraz aktywność naukowa **dr. inż. Łukasza Majki spełniają wymogi art. 219 ust. 1, obowiązującej ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.**

**Przedstawiona opinia upoważnia mnie do poparcia wniosku o nadanie dr. inż. Ł. Majce stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.**

  
dr. inż. Barbara Kaszowska  
profesor Politechniki Opolskiej