

Dr hab. inż. Zbigniew Watral
Wydział Elektroniki
Wojskowej Akademii Technicznej
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
tel. 22 261839370, email: zbigniew.watral@wat.edu.pl

Warszawa 28.10.2024 r.

Recenzja

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

dr. inż. Michała Boreckiego

w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk technicznych
w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej nr 772/II/2024 z dnia 25 czerwca 2024 r.

Sylwetka zawodowa Kandydata

Pan dr inż. Michał Borecki ukończył studia magisterskie w Instytucie Energetyki i Systemów Sterowania Narodowego Uniwersytetu Politechniki Lwowskiej w 2012 roku na kierunku Elektrotechnika w specjalności elektryczne sieci i systemy.

Stopień doktora nauk technicznych uzyskał 27 września 2017 roku, na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, na podstawie rozprawy pt. *„Analiza warunków powstawania przepięć atmosferycznych w liniach średniego napięcia z przewodami niepełnoizolowanymi”*. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Jacek Starzyński (Politechnika Warszawska) a recenzentami: prof. dr hab. inż. Kazimierz Jakubiuk (Politechnika Gdańska) oraz prof. dr hab. inż. Waldemar Skomudek (AGH).

Od 02 stycznia 2017 roku do dzisiaj Pan dr inż. Michał Borecki jest zatrudniony w Politechnice Warszawskiej, najpierw jako asystent badawczo-dydaktyczny (do 02 stycznia 2018 r.), a następnie jako adiunkt badawczo-dydaktyczny od 02 stycznia 2018 r. W 2020 roku ukończył Studia podyplomowe „Zarządzenie Projektami (Project Management)” w Szkole Głównej Handlowej.

A. Ocena osiągnięcia naukowego przedstawionego jako podstawa habilitacji

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe Pana dr. inż. Michała Boreckiego to monografia pod tytułem *„Analiza zagrożenia piorunowego i sposobów jego ograniczenia w liniach napowietrznych 110 kV – 400 kV”* wydana przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Praca liczy łącznie 105 stron i składa się z 6 numerowanych rozdziałów w tym wprowadzenia i podsumowania (także numerowane jako rozdziały) oraz bibliografii zawierającej 125 pozycji w tym 11 publikacji autorskich.

A.1. Tematyka monografii

Tematyka monografii koncentruje się na analizie możliwości zwiększenia dokładności oceny zagrożenia piorunowego w liniach napowietrznych oraz sposobów jego ograniczenia.

Ze względu na to, że awaryjność linii napowietrznych jest zagadnieniem bardzo obszernym, niniejsza praca obejmuje swoim zakresem jedynie możliwości zwiększenia dokładności oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych oraz możliwości zwiększenia skuteczności urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej z uwzględnieniem istniejących rozwiązań, które mogą mieć w opinii autora istotny wpływ na zmniejszenie sytuacji awaryjnych występujących w sieci w wyniku wpływu przepięć atmosferycznych.

Głównym celem monografii jest poszerzenie wiedzy o istniejących sposobach oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznej 110-400 kV i możliwościach zwiększenia dokładności obliczenia liczby wyłączeń linii w wyniku wpływu przepięć atmosferycznych, kierunkach ewentualnego zwiększenia skuteczności sposobów ochrony przed przepięciami atmosferycznymi, m.in. poprzez:

- badanie wpływu zmiany liczby ścieżek rozwoju wyładowania,
- zmiany sposobu rozmieszczenia elektrod na powierzchni urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej w warunkach laboratoryjnych
- oraz wykorzystania modeli symulacyjnych, które mogą mieć wpływ na sposób realizacji planowanych linii napowietrznych.

Tematyka monografii nawiązuje do aktualnych i istotnych zagadnień związanych z ochroną linii elektroenergetycznych przed skutkami wyładowań atmosferycznych, których modernizacja i rozbudowa staje się kluczowa dla dalszego rozwoju polskiej energetyki.

A.2. Merytoryczna ocena osiągnięcia

W niniejszej monografii określono sposób powiązania parametrów mających wpływ na poziom zagrożenia piorunowego poprzez opracowanie oryginalnej propozycji modelu matematycznego ujednoliconego sposobu oceny takiego zagrożenia. W tym celu dokonano porównania wybranych sposobów oceny. W opracowanym przez autora ujednoliconym sposobie oceny zagrożenia uwzględniono jak największą liczbę parametrów (linii napowietrznych, warunków klimatycznych, prawdopodobieństwa wystąpienia piorunów z odpowiednimi parametrami), umożliwiającą zwiększenie dokładności otrzymanych wyników. Powyższe podejście może mieć przełożenie na zwiększenie skuteczności ochrony przeciwprzepięciowej.

W monografii zrealizowano szereg badań na podstawie opracowanych przez autora modeli numerycznych wybranych składowych elementów konstrukcyjnych urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej oraz zbudowanych autorskich prototypów. Powyższe badania umożliwiają udoskonalenie istniejących sposobów ograniczenia przepięć poprzez analizę wpływu liczby ścieżek wyładowania i rozmieszczenia elektrod na powierzchni urządzenia ochrony przeciwprzepięciowej, na podstawie istniejących rozwiązań, które przedstawiono m.in. w pracach własnych autora [22, 23] oraz [91, 92, 94].

W monografii wykonano także analizę porównawczą założeń projektowych ww. zagadnienia oraz wyników rzeczywistych pomiarów, które otrzymano dla wybranych słupów linii napowietrznej sieci elektroenergetycznej. Celem przeprowadzonych w tym zakresie badań było wykazanie rozbieżności i zaproponowania rozwiązań technicznych umożliwiających ich eliminację. Ponadto dokonano oceny możliwości zastosowania alternatywnych rozwiązań w zakresie wykonywania uziemienia na podstawie zaproponowanego modelu numerycznego oraz badań przeprowadzonych przez autora w warunkach laboratoryjnych.

W monografii habilitant dokonał porównania wybranych sposobów oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych oraz zastosował techniki obliczeniowe do określenia sposobu powiązania parametrów mających wpływ na poziom zagrożenia piorunowego. W monografii przedstawiono oryginalną propozycję modelu matematycznego ujednoliconego sposobu oceny zagrożenia piorunowego uwzględniającego jak największą liczbę parametrów. Omawiana propozycja modelu matematycznego może zapewnić zwiększenie dokładności otrzymanych wyników. Ponadto umożliwia to istotne poszerzenie wiedzy w zakresie bardzo ważnego problemu oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych, co może mieć przełożenie na zwiększenie skuteczności ochrony przeciwprzepięciowej.

Ponadto przeprowadzenie badań symulacyjnych w oparciu o opracowane przez habilitanta modele numeryczne elementów konstrukcyjnych urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej mają praktyczne zastosowanie w kontekście określenia optymalnej konstrukcji prototypu takich urządzeń. Dokonanie oceny możliwości zastosowania alternatywnych rozwiązań w zakresie uziemienia na podstawie wykonanego modelu numerycznego i badania w warunkach laboratoryjnych mają duże znaczenie naukowe oraz poznawcze. Realizacja badań eksperymentalnych umożliwia weryfikację założeń projektowych parametrów uziemień na przykładzie wybranych słupów linii napowietrznej sieci elektroenergetycznej w celu wykazania rozbieżności i zaproponowania wskazówek eliminujących takie rozbieżności dotyczy możliwości ich wdrożenia podczas projektowania rzeczywistych elementów obiektów sieci elektroenergetycznej takich jak linie napowietrzne.

Monografia stanowi spójne merytorycznie opracowanie opisujące badania eksperymentalne urządzeń energetycznych w sieciach elektroenergetycznych w oparciu, o które opracowano wiarygodne modele symulacyjne. Następnie przeprowadzono symulacje a uzyskane wyniki stały się podstawą opracowania układów do skuteczniejszej ochrony przepięciowej.

A.3. Ocena monografii

Ze względu na obszerność tematu, który jest poruszany w monografii, niektóre wątki zostały omówione w skróconej formie lub przytoczone w tekście jako odniesienia do literatury, która obejmuje szczegółowe wyjaśnienia poszczególnych zagadnień.

W rozdziale pierwszym przedstawiono podstawowe informacje dotyczące poruszanej w monografii problematyki, zakres zrealizowanych pomiarów i analiz oraz układ monografii.

W rozdziale drugim zaprezentowano analizę możliwości zwiększenia dokładności sposobu oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych 110-400 kV jako obiektu sieci elektroenergetycznej, który jest jednym z najbardziej podatnych na wpływ przepięć

atmosferycznych. Uwzględniając to, że w ostatnim czasie wskutek zwiększenia częstotliwości występowania niekorzystnych zjawisk atmosferycznych sytuacje awaryjne elementów linii napowietrznych występują dość często, dokonano porównania istniejących sposobów oceny zagrożenia piorunowego oraz opracowano oryginalny ujednolicony sposób zwiększający dotychczasową dokładność tej oceny poprzez obliczenie wartości przewidywanej liczby wyłączeń linii, przy uwzględnieniu większej liczby parametrów, które wywierają wpływ na jej wytrzymałość.

Rozdział trzeci dotyczy analizy symulacyjnej wybranych składowych elementów konstrukcyjnych prototypów urządzeń ograniczających wpływ przepięć: w układzie cylindrycznym i w układzie płaskim w celu opracowania wymagań do konstrukcji prototypów urządzeń ochrony przeciwprzebiegowej. We wstępie do rozdziału przedstawiono założenia do wykonanego modelu numerycznego elementów urządzeń ograniczających przepięcia oraz zakres realizowanej analizy symulacyjnej wybranych konfiguracji, dotyczących oceny wpływu rozwiązań konstrukcyjnych na zapewnienie rozwoju wyładowania i zmiany sposobu usytuowania elektrod na podanych urządzeniach. W celu analizy wpływu rozwiązań konstrukcyjnych na wytrzymałość stworzonych elementów wykonano analizę symulacyjną w zakresie rozkładu pola oraz wartości natężenia pola elektrycznego na powierzchni ich elementów.

W rozdziale czwartym zdefiniowano możliwości dostosowania sposobów ograniczenia wpływu przepięć atmosferycznych w oparciu o autorskie opracowanie dwóch prototypów urządzeń ograniczających przepięcia, których konstrukcja uwzględnia zwiększenie liczby ścieżek wyładowania oraz zmianę sposobu usytuowania elektrod. Wykonano badania laboratoryjne, stosując urządzenia (prototypy) w układzie cylindrycznym oraz płaskim w różnych konfiguracjach. We wstępie do rozdziału podano podstawowe parametry oraz cechy charakterystyczne proponowanych rozwiązań. W dalszej części rozdziału przedstawiono wyniki pomiarów dla poszczególnych konfiguracji rozpatrywanych rozwiązań.

Rozdział piąty dotyczy autorskiego porównania założeń projektowych oraz pomiarów uziemienia wybranych słupów linii napowietrznej sieci elektroenergetycznej zlokalizowanej w umiarkowanej strefie klimatycznej. Ponadto wykonano pomiary w warunkach laboratoryjnych oraz analizę symulacyjną modelu numerycznego różnych rozwiązań w zakresie sposobu wykonania uziomów, uwzględniając zmianę temperatury gruntu.

W rozdziale szóstym zawarto podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań oraz analiz. Przedstawione wyniki zawierają informację dotyczącą zakresu wkładu własnego autora, jak również przedstawiają możliwe kierunki dalszych badań w zakresie precyzyjnej oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych oraz ograniczenia negatywnego wpływu zagrożenia piorunowego linii napowietrznych 110-400 kV poprzez udoskonalenie istniejących już rozwiązań.

Zawarte w niniejszej monografii rysunki i tabele, w nazwach których nie ma odniesienia do bibliografii, zostały opracowane na podstawie przeprowadzonych przez autora badań i analiz lub informacji zebranych przy udziale autora. W podsumowaniu monografii zawarto wnioski, które uwzględniają między innymi praktyczne doświadczenie autora w realizacji nowych oraz

modernizacji istniejących stacji elektroenergetycznych i linii napowietrznych powyżej 110 kV na terenie całej Polski.

Ze względu na dalszy intensywny rozwój sieci elektroenergetycznych omawiane w niniejszej monografii zagadnienia są aktualne, a prowadzone w tym obszarze badania mogą posłużyć do poprawy niezawodności pracy linii napowietrznych 110-400 kV.

Monografia jest przykładem umiejętnego korzystania z wiedzy praktycznej i zaawansowanych narzędzi programistycznych do modelowania zjawisk zachodzących w liniach energetycznych, aby w efekcie końcowym wypracować rozwiązania praktyczne do zabezpieczenia linii energetycznych.

B. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitanta

B.1. Współpraca międzynarodowa

Zgodnie z wymaganiami Ustawy Kandydat powinien wykazać, że istotną aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Z przedstawionej do oceny dokumentacji można dowiedzieć się, że Habilitant nawiązał po doktoracie współpracę naukową w 2019 roku z prof. dr. hab. inż. Yevhen Kharchenko, który reprezentował zespoły badawcze z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie i Department of Strength of Materials and Structural Mechanics Lviv Polytechnic National University. Habilitant dwukrotnie odbywał staż naukowy w Ukrainie. W roku 2019 był to staż 32 dniowy pod opieką prof. dr. hab. inż. Yevhen Kharchenko w Department of Strength of Materials and Structural Mechanics Lviv Polytechnic National University, którego celem było między innymi zapoznanie się z metodami oraz istniejącym oprogramowaniem w zakresie obliczania wytrzymałości elementów linii napowietrznych oraz ochrony przepięciowej na potrzeby opracowania dwuwymiarowych i trójwymiarowych modeli obliczeniowych reprezentujących różne warianty pracy tych elementów. Efektem tej współpracy były między innymi 3 publikacje naukowe. W roku 2021 odbył staż 36 dniowy pod opieką prof. dr. hab. inż. Yaroslav Ivanytsky w Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, którego efektem była między innymi analiza wytrzymałości elementów sieci elektroenergetycznej na obszarze instalowania odnawialnych źródeł energii oraz elektrowni atomowych.

B.2. Autorstwo publikacji naukowych

W opisie dorobku naukowego Habilitant przedstawił do oceny 16 publikacji z czego 8 sam autor szczególnie wyróżnia w autoreferacie a z tych, 4 są zacytowane w monografii będącej podstawowym osiągnięciem naukowym.

Aktywność naukowa Habilitanta rozpoczęła się w 2012 roku, jeszcze w czasie studiów doktoranckich i związana była z zaangażowaniem w badania dotyczące ochrony przepięciowej obiektów w sieci elektroenergetycznej, eliminację sytuacji awaryjnych oraz analizę wybranych zagadnień dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej w sieci. W kolejnych latach tego rodzaju badania wypełniły w dominującym stopniu działalność naukowo-badawczą Habilitanta.

Badania w zakresie nowych rozwiązań sposobów ochrony przepięciowej Habilitant realizował w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki (NCN) –

MINIATURA-6, pt. „Aspekty praktyczne wykonywania nowych rozwiązań ochrony przepięciowej w sieciach elektroenergetycznych”, którego był kierownikiem.

Pomiary parametrów istniejących urządzeń ochrony przepięciowej zainstalowanych w sieci oraz opracowanie modelu numerycznego tych urządzeń wraz z przeprowadzeniem analizy symulacyjnej określiły potrzebę udoskonalenia tych urządzeń oraz umożliwiły określenie wymagań dla przyszłych rozwiązań, które zapewnią większą skuteczność działania. Do najważniejszych opracowań z tego obszaru habilitant zalicza 3 publikacje:

1. Borecki, M. (2023). Influence of Spark Gap Parameters on the Strength of the Surge Protection Device and the Method of Its Selection. *Energies*, 16(13), 4974.
2. Borecki, M., Ciuba, M. (2023). Testing of Selected Surge Protection Devices in the Context of the Possibility of Ensuring the Reliability of Power Grids. *Energies*, 16(3), 1445.
3. Borecki, M., & Kharchenko, Y. (2022). Comparative Simulation Analysis of Selected Medium and High Voltage Surge Protection Devices. *Energies*, 15(12), 4326.

We wszystkich publikacjach Habilitant jest pierwszym a w dwóch jedynym autorem. W publikacjach Habilitant zaproponował między innymi zwiększenie skuteczności doboru urządzeń ochrony przepięciowej poprzez określenie wartości parametrów skuteczności badanych urządzeń a to z kolei stworzyło możliwość uwzględnienia większej liczby zagrożeń, jakie mogą wystąpić podczas pracy linii.

Kolejny obszar prac naukowo-badawczych, który obecnie prowadzi habilitant dotyczy analizy awaryjności w sieciach elektroenergetycznych. Realizacja badań, które prowadzono w ramach współpracy międzynarodowej, w tym obszarze polegała między innymi na analizie przyczyn wystąpienia możliwych awarii oraz ograniczenia ich wpływu. W efekcie powyższych prac badawczych powstało kilka publikacji z których dwie najważniejsze to:

1. Borecki, M., Sobolewski, K. (2021). An elimination method for an emergency situation in Gas-insulated switchgear in power grids. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 36(6), 3724-3732.
2. Borecki, M., Ciuba, M., Kharchenko, Y., Khanas, Y. (2020). Substation reliability evaluation in the context of the stability prediction of power grids. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 769-776.

W obydwu publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem. Efektem prowadzonych prac było wskazanie możliwości ograniczenia przerw technologicznych i awarii poprzez określenie częstotliwości przeglądów okresowych w oparciu o model matematyczny. Ponadto zdefiniowano założenia w zakresie wykonywania przeglądów w celu ograniczenia czasu trwania przestojów

Trzeci obszar prowadzonych prac badawczo-rozwojowych dotyczy badań kompatybilności elektromagnetycznej w zakresie wybranych urządzeń takich jak np. filtr zakłóceń elektromagnetycznych. W ramach badań koncentrowano się na wpływie parametrów rdzeni ferrytowych stosowanych w konstrukcji filtrów na ich charakterystyki tłumienia. Efektem przeprowadzonych badań jest zdefiniowany zakres impedancji dla zastosowania analizowanych metod do oceny właściwości tłumiących ferrytu na podstawie dokumentu CISPR 17 co ułatwi

proces wyboru optymalnego rozwiązania rdzeni ferrytowych w zakresie tłumienia zakłóceń elektromagnetycznych. Najważniejsze publikacje z tego obszaru to:

1. Borecki, M., & Sroka, J. (2022). Evaluation of the Effectiveness of Ferrite Characteristics Measurements Based on the CISPR 17 Standard. *IEEE Transactions on Magnetics*, 58(6), 1-8.
2. Borecki, M., & Sroka, J. (2023). Diversity Pertaining to the Attenuation of the RF Disturbance Suppression Power Line Filters. *Electronics*, 12(4), 821.
3. Borecki, M., & Sroka, J. (2018, September). Adaptation of the artificial mains network (AMN) to the updated requirements of CISPR 16-1-2: 2014. In *19th International Conference Computational Problems of Electrical Engineering* (pp. 1-4). IEEE.

Ponadto, w ramach realizacji pracy zleconej przez firmę Astat Sp. z o.o. opracowano sposób modyfikacji sztucznej sieci elektroenergetycznej (AMN) w celu spełnienia wymagań zawartych w dokumencie CISPR 16. W tym celu dokonano analizy aktualnych oraz wcześniejszych wymagań stawianych do takiego typu urządzeń.

Podsumowaniem prowadzonych przez habilitanta prac naukowo-badawczych w zakresie analizy zagrożenia piorunowego w liniach napowietrznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne jest monografia habilitacyjna pt.: „*Analiza zagrożenia piorunowego i sposobów jego ograniczenia w liniach napowietrznych 110 kV – 400 kV*”. Monografia uwzględnia wcześniej zdobyte doświadczenie praktyczne, umiejętności tworzenia modeli numerycznych, prototypów oraz wiedzę w zakresie pomiarów w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych.

Poszerzenie wiedzy zarówno w zakresie naukowym, jak i pod kątem umiejętności wykorzystania zdobytego doświadczenia oraz praktycznego zastosowania jest odwzorowane poprzez zaprojektowanie i wykonanie prototypów urządzeń ochrony przeciwprzebieciowej. W tym celu wykonano analizę symulacyjną w zakresie różnych elementów konstrukcyjnych urządzeń wykorzystując autorskie modele numeryczne oraz zrealizowano szereg badań w celu oceny możliwości udoskonalenia istniejących sposobów ograniczenia przepięć analizując wpływ liczby ścieżek wyładowania i rozmieszczenia elektrod na powierzchni urządzenia ochrony przeciwprzebieciowej na podstawie istniejących rozwiązań. Uwzględniając wzrastające wymagania do bezpieczeństwa funkcjonowania sieci elektroenergetycznych zrealizowane badania oraz otrzymane wyniki mogą być istotnym elementem podczas planowania modernizacji lub budowy linii napowietrznej.

B.3. Wskaźniki bibliometryczne

Dorobek naukowy habilitanta obejmuje łącznie 24 publikacje, w tym 3 przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora i 21 po jego uzyskaniu.

Przedstawione przez Habilitanta wskaźniki bibliograficzne na podstawie autoryzowanej analizy cytowań wykonanej przez Bibliotekę Główną Politechniki Warszawskiej (potwierdzenie w załączniku) przedstawiają się następująco:

- Sumaryczny Współczynnik Wpływu dla dorobku po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 32,058;

- Liczba punktów obliczonych wg wytycznych MNiSW wynosi 1859 (1710 po uzyskaniu stopnia doktora);
- Indeks Hirscha (bez autocytowań): $h = 7(3)$ wg bazy Scopus, $h=7(3)$ wg bazy Google Scholar i $h = 6(2)$ według WoS;
- Liczba cytowań (bez autocytowań): 107(33) wg Google Scholar, 97(24) wg Scopus i 77(14) według WoS.

W moim przekonaniu wskaźniki bibliometryczne Habilitanta są dobre co wynika z wartościowego dorobku naukowego.

B.4. Uczestnictwo w projektach badawczych

Habilitant kierował dwoma projektami naukowo-badawczymi. W latach 2022-2023 realizował projekt pt. „Aspekty praktyczne wykonywania nowych rozwiązań ochrony przepięciowej w sieciach elektroenergetycznych” realizowanego przez Politechnikę Warszawską w ramach konkursu Miniatura 6 organizowanego przez Narodowe Centrum Nauki. W latach 2021-2022 realizował projekt pt. „Badanie wybranych środków ochrony linii napowietrznych przed przepięciami atmosferycznymi” realizowanego w ramach grantu wewnętrznego organizowanego przez Politechnikę Warszawską.

B.5. Nagrody

Habilitant uzyskał nagrodę zespołową II stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej w uznaniu za osiągnięcia dydaktyczne.

B.6. Udział w konferencjach, recenzje

Zgodnie z autoreferatem Kandydat brał udział w 7 konferencjach naukowych o zasięgu międzynarodowym z czego w 5 po uzyskaniu doktoratu i opracował 44 recenzje artykułów w czasopismach naukowych.

B.7. Podsumowanie oceny dorobku naukowego

Wieloletnie praktyczne doświadczenie habilitanta w wykonaniu wielu stacji elektroenergetycznych oraz linii napowietrznych powyżej 110 kV i wykonanie badań własnych w zakresie tematyki poruszanej w monografii, ujętych w szeregu artykułów [4,5,6,7,8,9,10,11] pozwoliły habilitantowi ukierunkować w niej symulacje i badania w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych. Oryginalny wkład własny habilitanta po obronie rozprawy doktorskiej a zawarty w monografii obejmuje następujące kwestie:

1. Dokonanie krytycznej oceny istniejących sposobów oceny zagrożenia piorunowego linii napowietrznych 110 - 400 kV.
2. Opracowanie trzech podejść do oceny zagrożenia piorunowego, które umożliwiają regulowanie poziomu dokładności otrzymanych wyników w zależności od zakresu posiadanych danych wyjściowych dotyczących linii napowietrznych.
3. Optymalne dostosowanie parametrów (linii napowietrznych, warunków klimatycznych, prawdopodobieństwa wystąpienia piorunów z odpowiednimi parametrami), które są rozproszone wśród różnych sposobów oceny zagrożenia piorunowego. Umożliwiło to

opracowanie oryginalnego modelu matematycznego ujednoliconego sposobu oceny zagrożenia piorunowego z uwzględnieniem powiązania parametrów zawartych w różnych sposobach oceny. Stanowi to istotne poszerzenie wiedzy w zakresie nowego podejścia do problemu szczegółowej oceny zagrożenia piorunowego sieci elektroenergetycznej.

4. Opracowanie i wykorzystanie modeli numerycznych wybranych składowych elementów konstrukcyjnych układu cylindrycznego oraz różnych wariantów umieszczenia elektrod w układzie płaskim w celu określenia podstawowych wymagań do konstrukcji sposobów ograniczenia przepięć. Umożliwiło to zwiększenie skuteczności pracy istniejących urządzeń ochrony przeciwprzepięciowej linii napowietrznych oraz opracowanie nowych rozwiązań w tym zakresie.
5. Opracowanie prototypu urządzenia do ograniczenia przepięć w układzie cylindrycznym, zapewniającym ukierunkowany rozwój wyładowania zupełnego na powierzchni prototypu. Wyładowanie to następuje wzdłuż określonej ścieżki. Wówczas prototyp ten umożliwia regulowanie liczby ścieżek wzdłuż których przebiega wyładowanie zapewniając w ten sposób zmianę wytrzymałości urządzenia. Pozwala to zastosować takie urządzenia w liniach napowietrznych z różnymi napięciami znamionowymi, co zapewnia większą uniwersalność urządzenia w porównaniu z obecnie stosowanymi rozwiązaniami i stanowi znaczny wkład w rozwój dziedziny naukowej.
6. Opracowanie prototypu urządzenia do ograniczenia przepięć w układzie płaskim, zapewniającym skuteczny rozwój wyładowania zupełnego wykorzystując elektrody umieszczone wewnątrz prototypu oraz zmianę wartości wytrzymałości prototypu poprzez zmianę układu elektrod, co nie generuje dużych kosztów i zapewnia nieskomplikowaną konstrukcję urządzenia w porównaniu z obecnie eksploatowanymi rozwiązaniami.
7. Dokonanie rankingu rozwiązań konstrukcyjnych zaproponowanych w prototypach sposobów ograniczenia przepięć pod kątem wpływu na zapewnienie skutecznego rozwoju wyładowania zupełnego oraz ewentualnego oddzielenia poszczególnych ścieżek rozwoju wyładowania, co nie jest uwzględnione w obecnie wykorzystywanych rozwiązaniach w sieciach elektroenergetycznych.
8. Określenie kierunków rozwoju konstrukcji prototypów sposobu ograniczenia przepięć poprzez ewentualną możliwość zwiększenia liczby ścieżek rozwoju wyładowania w prototypie układu cylindrycznego w celu zwiększenia ich skuteczności oraz możliwość dostosowania do pracy w sieciach o wyższym napięciu znamionowym,
9. Skorelowanie założeń projektowych z praktycznym wykonaniem uziemienia w warunkach terenowych na przykładzie wybranych słupów linii napowietrznej uwzględniając dane pomiarów w warunkach rzeczywistych. Ze względu na rozbieżności między założeniami a pomiarami wykazano konieczność stosowania indywidualnego podejścia podczas projektowania uziemień w uzasadnionych przypadkach.
10. Określenie wpływu zmiany konstrukcji uziemienia na poziom skuteczności uziemienia w oparciu o opracowane modele numeryczne oraz rzeczywiste, co umożliwia poszerzenie wiedzy w zakresie wykonania uziemień dla terenów z trudnymi warunkami gruntowymi.

C. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego

C.1. Dorobek dydaktyczny

Wykazany we wniosku dorobek dydaktyczny Kandydata uznaję za wystarczający. W okresie zatrudnienia w Politechnice Warszawskiej od 2012 prowadził on liczne zajęcia dydaktyczne na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I i II stopnia. Zajęcia te obejmowały wykłady, laboratoria i zajęcia projektowe z takich przedmiotów, jak:

1. Ochrona przepięciowa sieci elektroenergetycznych: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, laboratoria),
2. Technika wysokich napięć: I stopień, kierunek Elektrotechnika (laboratoria),
3. Technologie informacyjne: I stopień, kierunek Elektrotechnika (laboratoria),
4. Systemy operacyjne i sieci komputerowe: I stopień, kierunek Elektrotechnika (laboratoria),
5. Pomiary i badania w KEM: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (laboratoria),
6. Dokumentacja techniczna projektów inżynierskich: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (projekty),
7. Kosztorysowanie instalacji elektrycznych: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, laboratoria),
8. Projekt wykonawczy (budowlany) elektryczny: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, laboratoria),
9. Materiałoznawstwo elektrotechniczne: I stopień, kierunek Elektrotechnika (laboratoria).

Habilitant opracował materiały do następujących zajęć:

1. Ochrona przepięciowa sieci elektroenergetycznych: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, projekty),
2. Kosztorysowanie instalacji elektrycznych: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, laboratoria),
3. Projekt wykonawczy (budowlany) elektryczny: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (wykłady, projekty).

Habilitant jest współautorem materiałów do zajęć z przedmiotów:

1. Pomiary i badania w KEM: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (laboratoria),
2. Dokumentacja techniczna projektów inżynierskich: II stopień, kierunek Technika Wysokich Napięć i Kompatybilność Elektromagnetyczna (projekty).

W latach 2018-2023 habilitant był opiekunem 13 prac magisterskich. Habilitant jest współautorem skryptu „*Kompatybilność elektromagnetyczna. Pomiary i badania*” Wydanie I, ISBN: 978-83-8156-235-5, Wydawca: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2021.

C.2. Dorobek organizacyjny

Wśród swoich osiągnięć organizacyjnych wartych odnotowania Kandydat wymienia udział w charakterze członka w 5 krajowych i międzynarodowych organizacjach naukowych:

1. Komitet techniczny 55 ds. Instalacji Elektrycznych i Ochrony Odgromowej Obiektów Budowlanych (Polski Komitet Normalizacyjny),
2. CENELEC - TC 81X/WG 04 Lightning protection (The European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)),
3. IEC - TC 64/JWG 44 Electrical installations and protection against electric shock (The International Electrotechnical Commission),
4. ISO/TC 301 „Energy management and energy savings” (International Organization for Standardization).
5. CEN/CLC/JTC 17 (The European Committee for Standardization (CEN)).

Do **działań organizacyjnych** habilitanta należą przede wszystkim współorganizacja dwóch międzynarodowych konferencji naukowych:

- IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design – 2019.
- IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design – 2021.
- Członek zespołu eksperckiego ds. opracowania polskiej wersji językowej PN-HD 60364-7-711:2019 Low voltage electrical installations – Part 7-711: Requirements for special installations or locations – Exhibitions, shows and stands.

C.3. Dorobek popularyzatorski

Do działalności popularyzującej naukę habilitanta należą m.in.:

- pełnienie funkcji członka komitetu redakcyjnego czasopisma Sustainability (IF 3,9 (2022)),
- pełnienie funkcji członka komitetu redakcyjnego czasopisma International Journal of Energy and Power Engineering (IJEPE),
- pełnienie funkcji redaktora gościnnego w czasopiśmie Sustainability (IF 3,9 (2022)) wydania specjalnego zatytułowanego: "Energy Security and Risk Assessment for Sustainable Development",
- pełnienie funkcji członka zespołu recenzentów w czasopiśmie Electronics (IF 2,9 (2022)),
- pełnienie funkcji redaktora gościnnego w czasopiśmie Sustainability (IF 3,9 (2022)) wydania specjalnego zatytułowanego: "Editorial Board Members' Collection Series: Resources and Sustainable Utilization",
- aktywne recenzowanie artykułów w czasopiśmie naukowych – 44 prac dla czasopism z listy MNiSW.

Podsumowanie

Na podstawie przedstawionej we wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego dokumentacji dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Pana dr. inż. Michała Boreckiego stwierdzam, że:

1. Dorobek naukowy dr. inż. Michała Boreckiego jest oryginalny i został dostatecznie poparty publikacjami w renomowanych czasopismach naukowych a jego monografia habilitacyjna stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne;
2. Kandydat prowadzi działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną w zakresie swojej dziedziny, przyczyniając się do podnoszenia poziomu kształcenia na swojej macierzystej Uczelni.

Moim zdaniem **działalność naukowa Pana dr. inż. Michała Boreckiego spełnia warunki stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego** zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. „*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*” z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2023 poz. 742). **Popieram wniosek i wnoszę o dalsze jego procedowanie.**



Zbigniew Watral