

Kielce, dn. 25.01.2022 r.

Dr hab. inż. Sylwester Filipiak, profesor uczelni
Katedra Energetyki, Energoelektroniki i Maszyn Elektrycznych
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce
Tel. 41-34-24-297, kom: 518 776 797
e-mail: filipiak@tu.kielce.pl

Adres prywatny:
Piekoszów, ul. Wolności 23
26-065 Piekoszów

**Recenzja rozprawy doktorskiej
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika (obecna nazwa
dyscypliny: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika)**

Pana mgra inż. Piotra Marchela

Modele niezawodnościowe jednostek wytwórczych z ograniczeniami zdolności generacyjnych
Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Paska

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej wykonanej na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem Profesora dr hab. inż. Józefa Paski, jest pismo z dnia 16.12.2021 informujące, iż Rada Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej na posiedzeniu w dniu 14.12.2021 podjęła uchwałę powołującą dr hab. inż. Sylwestera Filipiaka na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Marchela zatytułowanej: „*Modele niezawodnościowe jednostek wytwórczych z ograniczeniami zdolności generacyjnych*”.

2. Zagadnienie naukowe i jego sformułowanie

Ogólna charakterystyka rozprawy

Zagadnienia rozprawy wpisują się w dziedzinę nauk technicznych, w dyscyplinę **Elektrotechnika (obecna nazwa dyscypliny: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika)** i osiągnięcia tej rozprawy mają ścisłe relacje do dyscypliny **Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika** w specjalizowanym zakresie elektroenergetyki w szczególności w zakresie jednostek wytwórczych i technologii wytwarzania energii elektrycznej i dotyczą w szczególności metod modelowania niezawodności źródeł wytwórczych charakteryzujących się ograniczeniami w zdolnościach wytwórczych.

Rozprawa doktorska w formie monografii (wydawnictwo książkowe sygnowane przez Politechnikę Warszawską, Wydział Elektryczny, Warszawa 2021) obejmuje 183 strony, w tym 165 stron tekstu merytorycznego (w tym *Wykaz ważniejszych symboli, oznaczeń i*

skrótów oraz *Spis treści*), 11 stron *Bibliografii*, oraz 2 stron *Streszczenia*. *Bibliografia* obejmuje 129 pozycji literatury. Treść merytoryczna obejmuje 8 rozdziałów, oraz *Podsumowanie*.

Charakterystyka zagadnienia naukowego

Systemy elektroenergetyczne wymagają zwiększania niezawodności jednostek wytwórczych, jak i sieci elektroenergetycznych przesyłowych i dystrybucyjnych ze względu na proces starzenia się urządzeń i związany z nim wzrost awaryjności, jak również ze względu na zmiany obciążenia systemu elektroenergetycznego i jego struktury oraz konieczności przekształcania sieci elektroenergetycznych z pasywnych na aktywne z uwzględnieniem generacji rozproszonej. Powyższe przesłanki wskazują na spore wyzwania stojące przed decydentami, w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej do odbiorców.

W ocenianej dysertacji przedstawiono zagadnienie naukowe dotyczące opracowania uniwersalnego algorytmu tworzenia modeli niezawodnościowych jednostek wytwórczych z ograniczeniami zdolności generacyjnych. Podejście to może być zastosowane do tych jednostek wytwórczych, których zdolność wytwórcza jest ograniczona dostępnością energii pierwotnej, do takich jednostek wytwórczych można zaliczyć m.in.: siłownie wiatrowe, elektrownie słoneczne czy małe elektrownie wodne. Z przedstawionych w rozprawie analiz wynika, że opracowaną metodykę można również wykorzystać przy tworzeniu modeli niezawodnościowych np. elektrociepłowni, których zdolności wytwórcze energii elektrycznej uzależnione są od zapotrzebowania na ciepło. Opracowanie uniwersalnego algorytmu tworzenia modeli niezawodnościowych wybranych jednostek wytwórczych było głównym celem i osiągnięciem ocenianej rozprawy doktorskiej. Przedstawione w rozprawie autorskie i oryginalne modele niezawodnościowe bazują na zastosowaniu aparatu matematycznego łańcuchów Markowa do tworzenia wielostanowych modeli niezawodności produkcyjnej jednostek wytwórczych z OZE z uwzględnieniem ograniczeń dostępności energii pierwotnej.

Problematyka związana z modelowaniem poprawy poziomu niezawodności systemów wytwarzania energii elektrycznej, szczególnie w zakresie jednostek wytwórczych z OZE jest jak najbardziej aktualna. **Autor inspirowany przez Promotora podjął bardzo aktualne i istotne zagadnienie naukowe, dotyczące opracowania i doskonalenia metodyki modelowania niezawodności jednostek wytwórczych z OZE oraz metod dotyczących analizowania wpływu jednostek z OZE na niezawodność systemów elektroenergetycznych.**

3. Teza rozprawy i jej udowodnienie

Cel pracy

Tytuł rozprawy oddaje treści w niej prezentowane. Mając na uwadze przedstawione w dysertacji badania recenzent uważa, że cel i teza pracy zostały poprawnie i jasno sformułowane. Sformułowaniu celu pracy i tezy poświęcono podrozdział 1.2. W podrozdziale tym Autor określając kierunek prowadzonych badań sformułował i przedstawił cel pracy, którym jest: „Opracowanie uniwersalnego algorytmu tworzenia modeli niezawodnościowych jednostek wytwórczych z ograniczeniami generacyjnymi”.

Teza rozprawy

W aktualnej sytuacji coraz większą rolę w systemach elektroenergetycznych odgrywają źródła wytwórcze wykorzystujące odnawialne zasoby energii. Praca tych źródeł z punktu

widzenia systemów elektroenergetycznych jest jednak niestabilna, gdyż możliwości produkcyjne oraz wielkość generowanej mocy jest silnie uzależniona od losowych czynników zewnętrznych, takich jak dostępność energii pierwotnej. Wzrost udziału tych źródeł w bilansie energetycznym systemów elektroenergetycznych stanowi wyzwanie w obszarze analizy niezawodności tych systemów. W celu prawidłowego modelowania niezawodności jednostek wytwórczych z OZE, doktorant opracował modele jednostek wytwórczych, uwzględniające niezawodność generacyjną.

Biorąc pod uwagę cele i zakres pracy Autor sformułował następującą tezę rozprawy, która brzmi: *„Stosowane zwykle w analizie niezawodności systemu elektroenergetycznego klasyczne modele niezawodnościowe jednostek wytwórczych nie odzwierciedlają stochastycznej natury wszystkich czynników wpływających na wytwarzanie energii elektrycznej w jednostkach o losowej lub ograniczonej zdolności generacyjnej. Wykorzystanie aparatu matematycznego procesów Markowa pozwala zbudować adekwatne modele niezawodności źródeł o losowej dostępności energii pierwotnej lub z innymi ograniczeniami zdolności generacyjnej, które pozwolą na ich efektywne zastosowanie w analizach i ocenie niezawodności systemu elektroenergetycznego”*.

Teza rozprawy została zdaniem recenzenta poprawnie sformułowana i dobrze oddaje cel i kierunek badań doktoranta związane z przyjętym zakresem badań. W celu zrealizowania założonego celu pracy Autor wykonał analizy dotyczące określenia charakteru dostępności energii pierwotnej dla wybranych źródeł odnawialnych. Wykonane analizy umożliwiły Autorowi opracowanie charakterystyk jednostek wytwórczych z ograniczeniami, które pozwoliły opracować modele niezawodnościowe tych jednostek.

Wykonanie powyższych badań umożliwiło Autorowi stworzenie metodyki pozwalającej na reprezentowanie jednostek wytwórczych z ograniczeniami generacyjnymi w analizach niezawodnościowych. W konsekwencji realizowanych badań Autor opracował i zweryfikował modele niezawodnościowe jednostek wiatrowych, elektrowni słonecznych, małych elektrowni wodnych oraz zaproponował koncepcję tworzenia modeli niezawodnościowych również dla innych źródeł z ograniczeniami generacyjnymi.

4. Przegląd stanu wiedzy, charakterystyka doboru i wykorzystania źródeł

W rozprawie przeprowadzono analizę źródeł i materiałów bazowych dotyczących analizowanej problematyki w literaturze krajowej oraz zagranicznej. W rozprawie Autor przedstawił aktualny stan wiedzy w zakresie rozpatrywanej tematyki badawczej oraz zaproponował nowe podejście do problematyki modelowania źródeł wytwórczych z OZE.

Bibliografia obejmuje 129 pozycji, w tym 51 pozycji literaturowych to angielskojęzyczne teksty. W spisie Bibliografii udział aktualnych pozycji jest znaczący.

Przedstawiona w dysertacji problematyka wpisuje się w badania prowadzone na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Autor przedstawił rozprawę, która ma charakter studium analitycznego na podstawie złożonych obliczeń z wykorzystaniem danych statystycznych z opracowanych baz danych. W rozprawie właściwie wybrano metodykę rozwiązania przedstawionego w rozprawie problemu wykorzystując również odpowiednie oprogramowanie. Wyniki analiz i badań Autora wymagają zapewne jeszcze dalszej weryfikacji praktycznej, ale już uzyskane i zaprezentowane w pracy wyniki analiz dla systemu testowego są przekonujące co do możliwości wykorzystania opracowanych modeli w praktyce eksploatacji systemów elektroenergetycznych, zarówno w zakresie dużych systemów elektroenergetycznych ale też innych zastosowaniach np. w zakresie mikrosieci.

W podrozdziale 1.1 zatytułowanym *Wprowadzenie* Autor dokonał przeglądu literatury w zakresie zagadnień dotyczących badań dotyczących niezawodności systemów elektroenergetycznych. Autor dokonał również ogólnego przeglądu literatury z analizy niezawodności elektroenergetycznych układów elektroenergetycznych. Kontynuacją przeglądu literatury jest rozdział 2 zatytułowany „Procesy Markowa w analizie niezawodności systemów elektroenergetycznych”. W rozdziale tym w ramach przedstawienia aktualnego tematycznego poziomu wiedzy przedstawiono pojęcia z zakresu procesów stochastycznych ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystywanych w pracy procesów Markowa, oraz przedstawiono możliwości zastosowań procesów Markowa w analizie niezawodności systemów elektroenergetycznych. Przytoczona i przybliżona w tym zakresie krajowa i zagraniczna bibliografia wiodących ośrodków naukowych jest wystarczająca i aktualna.

W rozdziale trzecim przeanalizowano zagadnienia dotyczące metodyki analiz niezawodnościowych w zakresie podsystemu wytwórczego. Autor przedstawił stan wiedzy dotyczący metod modelowania źródeł wytwórczych w analizach niezawodnościowych i ich zastosowań w energetyce. Przedstawiono podział tych metod i opisano je z odpowiednimi powołaniami literaturowymi. W tej części rozprawy scharakteryzowano również znane w literaturze i praktyce obliczeń niezawodnościowych systemy testowe analiz niezawodnościowych SEE. Recenzent chciałby jednak szczegółowej zapytać, czy Autor spotkał się z innymi próbami modelowania niezawodności jednostek wytwórczych z ograniczeniami np. w literaturze zagranicznej.

Przedstawiony opis stanu wiedzy w zakresie tematyki rozprawy jest wykonany w sposób syntetyczny w opinii recenzenta można stwierdzić, że analizowane w rozprawie zagadnienie jest udokumentowane w dysertacji publikacjami zarówno krajowymi, jak i zagranicznymi. **W konkluzji Recenzent stwierdza, że zaproponowane badania wpisują się w trend badań prowadzonych w krajowej i światowej elektroenergetyce. Analiza źródłowa zdaniem recenzenta jest przeprowadzona poprawnie.**

5. Oryginalność rozwiązania zagadnienia naukowego

Wykonane prace, własne propozycje i osiągnięcia Autora przedstawiono w rozprawie począwszy od rozdziału czwartego, w którym kolejno zaprezentowano ogólny algorytm postępowania przy tworzeniu modeli niezawodności jednostek wytwórczych z ograniczeniami generacyjnymi. Autor zaproponował łączne uwzględnienie niezawodności produkcyjnej, związanej z dostępnością energii pierwotnej dla jednostek wytwórczych oraz niezawodności strukturalnej powiązanej z awaryjnością samych urządzeń wytwórczych.

W kolejnych rozdziałach Autor zawarł zastosowanie zaproponowanej metodyki obliczeniowej do modelowania wybranych rodzajów jednostek wytwórczych. W rozprawie przedstawiono wyniki pracy naukowej w postaci modelowania niezawodności elektrowni wiatrowych, co poprzedzono analizami i opisem dostępności energii wiatru. Autor wykorzystał aparat matematyczny łańcuchów Markowa do utworzenia wielostanowych modeli niezawodności produkcyjnej elektrowni wiatrowych, jak również dokonał oceny wpływu zastosowanej metodyki modelowania jednostek wiatrowych na dokładność i czas obliczeń niezawodności testowego podsystemu wytwórczego. W konsekwencji pozwoliło to na ocenę wpływu energetyki wiatrowej na niezawodność podsystemu wytwórczego i dokonanie oceny zdolności energetyki wiatrowej do pokrywania obciążeń w systemach elektroenergetycznych. Autor zaproponowały i wykorzystał w swych analizach również modele niezawodności strukturalnej dla wybranych turbozespołów wiatrowych co pozwoliło

w konsekwencji na łączną na ocenę wpływu niezawodności strukturalnej oraz produkcyjnej jednostek wiatrowych na niezawodność systemów elektroenergetycznych.

Problematyczny jest wpływ elektrowni wiatrowych na pracę SEE, co wynika to z dużej zmienności prędkości wiatru. Elektrownie wiatrowe mają również rzadko możliwość w pełni wykorzystywać swój pełny potencjał wytwórczy. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w zaproponowanych przez Autora modelach niezawodnościowych. Autor analizował modele dwustanowe, trójstanowe i wielostanowe jednostek wiatrowych. Wynika z tych analiz, iż jeżeli badania niezawodność są wykonywane dla niewielkich SEE np. mikrosieci zasadne jest zastosowanie modeli trójstanowych natomiast gdy analizy dotyczyłyby dużych systemów o znacznie większej mocy zainstalowanej wówczas odpowiednie są model dwustanowe.

Autor analizował różne warianty systemów elektroenergetycznych z różną ilością jednostek wiatrowych, badając w testowym systemie jak zapewnić wymagany poziom wskaźników niezawodnościowych, w tym wskaźnika LOLE oraz innych wskaźników. Z wykonanych badań wynika m.in., iż im większy udział energetyki wiatrowej tym zapotrzebowany jest wyższy wymagany margines mocy osiągalnej.

W dalszej części swej rozprawy Autor przeanalizował zagadnienia niezawodności produkcyjne i strukturalnej fotowoltaicznych elektrowni słonecznych oraz małych elektrowni wodnych. W szczególności przeanalizował dostępność energii promieniowania słonecznego, określając w tym zakresie czynnik deterministyczny i czynnik stochastyczny, który utożsamiał ze wskaźnikiem bezchmurności. Autor wykorzystując aparat matematyczny łańcuchów Markowa zaproponował również modele niezawodnościowe jednostek wytwórczych wykorzystujących energię promieniowania słonecznego i dokonał analiz w zakresie wpływu elektrowni fotowoltaicznych na niezawodność podsystemu wytwórczego. W rozprawie dokonano również oceny zdolności elektrowni fotowoltaicznych do pokrywania obciążenia na przykładzie zamodelowanego testowego systemu elektroenergetycznego. W trakcie czytania rozprawy recenzent nie zauważył informacji czy skuteczność zaproponowanych i opracowanych modeli niezawodnościowych, Autor próbował potwierdzić inną alternatywną metodą, czy też nie było takiej potrzeby.

Istotną częścią rozprawy jest również rozdział siódmy poświęcony modelowaniu niezawodności małych elektrowni wodnych. Autor wykonał analizy dostępności energii rzek w warunkach krajowych, Autor opracował oryginalny sposób tworzenia modelu natężenia przepływu rzek który był podstawą dla budowy modeli niezawodności MEW. Zaproponowaną metodykę zdaniem Autora można również zastosować do modelowania niezawodności innych źródeł wytwórczych z ograniczeniami zdolności generacyjnych w tym układów kogeneracyjnych (elektrociepłowni).

Wykonane badania i analizy których rezultatem jest oceniana rozprawa pokazały, iż w przypadku analizowania źródeł wytwórczych wykorzystujących odnawialne zasoby energii o ich zdolności do generowania energii elektrycznej decyduje w głównej mierze niezawodność produkcyjna związana z dostępnością energii pierwotnej. Niezawodność strukturalna ma mniejsze znaczenie. W związku z powyższym w dokładnych analizach niezawodnościowych powinno uwzględniać się niezawodność produkcyjną jednostek wytwórczych oraz niezawodność strukturalną. Z wykonanych przez Autora badań wynika również, że w obliczeniach uproszczonych można pomijać niezawodność strukturalną niektórych rodzajów jednostek wytwórczych.

Po przeanalizowaniu tezy oraz przyjętych założeń i zastosowanej metodyki można zdaniem recenzenta stwierdzić, iż autor rozwiązał postawione w rozprawie zagadnienie oraz zastosował odpowiednią i adekwatną dla analizowanego problemu metodykę.

Można też stwierdzić, iż przyjęte przy opracowywaniu modeli niezawodnościowych założenia są uzasadnione.

Oryginalnym wkładem deklarowanym przez Autora są efekty realizacji rozprawy przedstawione na str.163. Istotnym dla udowodnienia tezy rozprawy jest przeprowadzenie obliczeń niezawodności zgodnie z prezentowanymi w dysertacji algorytmami. Oryginalność rozprawy polega na podjęciu i rozwiązaniu aktualnego problemu dotyczącego uwzględnienia w analizach niezawodności systemów elektroenergetycznych adekwatnych modeli niezawodności dla jednostek wytwórczych z OZE, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora.

Do samodzielnych i oryginalnych osiągnięć Autora rozprawy, zdaniem recenzenta zaliczyć można:

- Przeanalizowanie problematyki wpływu jednostek wytwórczych na pracę SEE i zaproponowanie założeń i własnej koncepcji modelowania wybranych jednostek wytwórczych z wykorzystaniem aparatu matematycznego łańcuchów Markowa,
- Sformułowanie koncepcji i opracowanie uniwersalnego algorytmu tworzenia modeli niezawodności jednostek wytwórczych przy uwzględnieniu modelowania dostępności energii pierwotnej,
- Przeanalizowanie dostępności OZE i opracowanie własnych procedur modelowania dostępności energii pierwotnej tego rodzaju źródeł energii,
- Opracowanie wielostanowych modeli niezawodności produkcyjnej elektrowni wiatrowych oraz przeanalizowanie wpływu opracowanych modeli na dokładność i czas obliczeń niezawodności podsystemu wytwórczego,
- Sformułowanie i przetestowanie w analizach obliczeniowych modeli niezawodnościowych fotowoltaicznych efektowni słonecznych i MEW oraz ocena wpływu tego rodzaju elektrowni na wskaźniki niezawodnościowe SEE,
- Przeanalizowanie możliwości zastosowania zaproponowanej metodyki do modelowania niezawodności produkcyjnej dla innych jednostek wytwórczych ze specyficznymi ograniczeniami dostępności energii pierwotnej na przykładzie elektrociepłowni, w których następuje bilansowanie wytwarzanej energii elektrycznej z zapotrzebowanym ciepłem sieciowym lub ciepłem na potrzeby technologiczne.

Rozwiązania i opracowana metodyka zaproponowane w rozprawie są oryginalnymi koncepcjami w stosunku do wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę krajową oraz światową. Podczas poznawania wyników rozprawy recenzent zastanawiał się czy też opracowane modele niezawodnościowe można byłoby zastosować do analizy niezawodności elektroenergetycznych układów hybrydowych zawierających więcej niż jedno źródło wytwórcze w zintegrowanym systemie, np. w kontekście tzw. elektrowni wirtualnych. Nasuwa się w związku z tym pytanie czy opracowane modele mogłyby być zastosowane również w takim przypadku i co należałoby ewentualnie wówczas zmodyfikować w zaprezentowanym w rozprawie sposobie modelowania.

Autor w wystarczający sposób wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników swych badań i analiz. Rozprawa i jej najważniejsze elementy charakteryzują się zwięzłym sposobem przedstawienia problemu oraz założeń, przy przejrzystym przedstawieniu rezultatów swych modelowych badań. Rozprawa jest napisana również poprawnie pod względem redakcyjnym i edycyjnym.

Recenzent analizując przedstawione rezultaty wielowariantowych obliczeń uznaje że założony cel pracy został zrealizowany, a przedstawione rezultaty analiz i obliczeń wskazują, że teza pracy została udowodniona. Przydatność rozprawy dla nauk inżyniersko – technicznych dotyczy możliwości praktycznego wykorzystania opracowanych algorytmów i modeli niezawodnościowych jednostek wytwórczych z OZE przy uwzględnieniu niezawodności produkcyjnej i niezawodności strukturalnej.

Z uwagi na rozwój systemów elektroenergetycznych i zwiększające się wykorzystanie w systemie źródeł rozproszonych o ograniczonych w różny sposób zasobach energii pierwotnej istnieje potrzeba uwzględniania w analizach niezawodnościowych systemów elektroenergetycznych adekwatnych modeli uwzględniających specyfikę tego rodzaju źródeł. Opracowana i przedstawiona w rozprawie metodyka modelowania i obliczania niezawodności SEE z wykorzystaniem zaproponowanych modeli niezawodnościowych jest podejściem nowatorskim.

6. Ocena dorobku przedstawionego w rozprawie przez Autora w dyscyplinie naukowej elektrotechnika

Autor w swych autorskich publikacjach cytowanych w rozprawie wykazał się dobrą znajomością zarówno podstaw teoretycznych, jak i realiów funkcjonowania elektroenergetyki, a w szczególności zagadnień związanych m.in.:

- z organizacją i strukturą systemu elektroenergetycznego ze szczególnym uwzględnieniem jednostek wytwórczych z OZE oraz otoczeniem prawnym ich funkcjonowania,
- z zagadnieniami modelowania dostępności energii pierwotnej wybranych OZE,
- z metodyką modelowania niezawodności strukturalnej oraz niezawodności produkcyjnej jednostek wytwórczych z OZE,
- z uwzględnieniem w obliczeniach niezawodnościowych różnych jednostek wytwórczych ze specyficznymi ograniczeniami w dostępie do energii pierwotnej.

Dorobek publikacyjny Autora obejmuje osiem współautorskich publikacji w większości o zasięgu krajowym, które wykazano w spisie bibliografii rozprawy. Dwie z tych publikacji to prace w języku angielskim. Tematycznie te publikacje są związane z problematyką analizowaną w rozprawie. **Dorobek publikacyjny Autora należy ocenić jako spełniający konieczne wymagania.**

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Praca dotyczy trudnego zagadnienia naukowego, wymagającego wykorzystania odpowiedniego podejścia metodycznego do zagadnień modelowania jednostek wytwórczych energii z ograniczeniami produkcyjnymi oraz modelowania i badania wpływu tych modeli na analizy niezawodnościowe SEE. Przedstawiona rozprawa dowodzi, że Autor:

- przeanalizował w sposób właściwy strukturę i możliwości produkcyjne jednostek wytwórczych z OZE, przyjmując w konsekwencji uzasadnione założenia w celu rozwiązania problemu naukowego,
- rozpoznał, zaadaptował i również samodzielnie opracował właściwe metody badawcze wykazując przydatność aparatu matematycznego łańcuchów Markowa do modelowania niezawodności produkcyjnej źródeł wytwórczych z różnymi ograniczeniami dostępności energii pierwotnej,

- zaprogramował procedury konieczne do rozwiązania zadania badawczego,
- zrealizował skomplikowane wariantowe obliczenia i analizy oraz ocenił rozwiązania i skomentował uzyskane wyniki.

Po analizie rezultatów badań oraz umiejętności doboru i poprawności zastosowania metodyki badawczej i analiz przedstawionych w rozprawie można sformułować wniosek, iż Autor posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

8. Strona redakcyjno – wydawnicza

Rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów merytorycznych oraz Bibliografii. W rozdz. 1 w punkcie 1.1. przedstawiono zakres tematyki badawczej prezentowanej w rozprawie. W podrozdziale 1.2. sformułowano zakres badań tezę pracy oraz cel pracy. W typowym układzie rozpraw doktorskich przedstawienie stanu wiedzy wraz z przeglądem literatury omawia związek postawionego problemu z innymi pracami w rozpatrywanym obszarze badań, dając jasny pogląd, jakie zagadnienie naukowe będzie stanowiło nowatorski wkład w rozwój nauki. W rozdziałach 5, 6, 7 oraz 8 są najistotniejsze opis badań Autora z punktu widzenia realizacji zadania badawczego i udowodnienia tezy dysertacji. Opis wykonanych badań Autor zaprezentował w przejrzysty i zrozumiały sposób, wykazując się dużym poziomem wiedzy w zakresie problematyki prezentowanej w ocenianej rozprawie. Podsumowanie i wnioski końcowe dotyczące zrealizowanych badań i ich ocenę zamieszczono w rozdziale 9. **Recenzent skłania się do wniosku, że poprawnie zredagowano strukturę rozprawy.**

9. Uwagi polemiczne i dyskusyjne

- 9.1. Recenzent prosiłby o dodatkowe wyjaśnienie czy Autor analizując stan wiedzy w zakresie tematyki modelowania niezawodności jednostek wytwórczych z OZE natknął się na ewentualne inne próby rozpatrywania tego problemu ?
- 9.2. Czy skuteczność zaproponowanych i opracowanych modeli niezawodnościowych Autor próbował potwierdzić inną alternatywną metodyką, czy też nie było takiej potrzeby ?
- 9.3. W rozprawie Autor przedstawił wielowariantowe analizy niezawodności jednostek wytwórczych z OZE przy wykorzystaniu wielostanowych modeli z łańcuchami Markowa. Czy byłoby słuszne uogólnione stwierdzenie, że do analizy niezawodności tego rodzaju jednostek wytwórczych zwykle odpowiednim modelem będzie model trójstanowy ?
- 9.4. Analizy obliczeniowe zaprezentowane w rozprawie dotyczyły głównie wybranego testowego systemu elektroenergetycznego, Recenzent prosiłby o dodatkowe wyjaśnienie czy Autor planuje wykorzystanie opracowanych modeli niezawodnościowych do analiz niezawodności dystrybucyjnych systemów elektroenergetycznych w zakresie elektroenergetyki rozproszonej ?
- 9.5. Czy opracowane modele niezawodnościowe można zastosować do analizy niezawodności systemów hybrydowych zawierających więcej niż jedno źródło wytwórcze w zintegrowanym systemie np. w kontekście tzw. elektrowni wirtualnych, czy opracowane modele mogłyby być zastosowane również w takim przypadku i co należałoby ewentualnie wówczas zmodyfikować w podejściu zaprezentowanym w rozprawie ?
- 9.6. Uwaga edycyjna - w opinii Recenzenta oceniana rozprawa została opracowana starannie i estetycznie, jednym zauważonym drobnym mankamentem tekstu pracy, są przeniesienia tekstu do nowej linii w sytuacji gdy nie było to konieczne np. na stronie 66 (ostatni akapit), lub też na stronie 93 w opisie jednostek wzoru 6.2.

10. Konkluzja

Tematyka recenzowanej rozprawy mieści się w dziedzinie nauk technicznych w **dyscyplinie Elektrotechnika (obecna nazwa dyscypliny: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika)** i osiągnięcia tej rozprawy mają ścisłe relacje do dyscypliny **Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika** w specjalizowanym zakresie elektroenergetyki w szczególności w zakresie jednostek wytwórczych i technologii wytwarzania energii elektrycznej. Główna wartość pracy zdaniem recenzenta, polega na zastosowaniu odpowiedniej metodyki badawczej i opracowaniu oryginalnych modeli niezawodnościowych jednostek wytwórczych z ograniczeniami charakterystycznymi dla OZE. **Postępując zgodnie z zalecanymi dla recenzentów rozpraw doktorskich recenzent wskazuje, iż według opinii recenzenta ocenianą rozprawę należy zaliczyć do kategorii rozpraw wybitnie dobrych, zasługujących na wyróżnienie.**

W tym kontekście przedstawiona rozprawa odpowiada wymaganiom sprecyzowanym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882) i w par. 6. ust. 4 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018, poz. 261).

Oceniana rozprawa jest oryginalnym rozwiązaniem postawionego przez Autora ważnego zagadnienia naukowego. Potwierdza opanowanie przez Autora wiedzy w dyscyplinie naukowej **Elektrotechnika (obecna nazwa dyscypliny: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika)** i osiągnięcia tej rozprawy mają ścisłe relacje do dyscypliny **Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika** w specjalizowanym zakresie elektroenergetyki w szczególności w zakresie jednostek wytwórczych i technologii wytwarzania energii elektrycznej. Potwierdza również umiejętność rozwiązywania przez doktoranta problemów naukowych, w związku z powyższym wnioskuję o **dopuszczenie mgr. inż. Piotra Marchela do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**

Ponadto po przeanalizowaniu osiągnięć ocenianej rozprawy oraz biorąc pod uwagę bardzo aktualną tematykę rozprawy, która zawiera oryginalne i nowatorskie podejście do modelowania niezawodności jednostek wytwórczych z ograniczeniami, oraz wnikliwe i wielowariantowe analizy wpływu tego rodzaju jednostek wytwórczych na pracę systemów elektroenergetycznych, **zwracam się również z wnioskiem uznania recenzowanej rozprawy za wybitnie dobrą i wyróżniającą.**

Dr hab. inż. Sylwester Filipiak, prof. PŚk



.....