

Warszawa, 05.07.2023

dr hab. inż. Jerzy Marzecki, prof. uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Elektryczny
Instytut Elektroenergetyki
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
Tel.: +48 22 234 5626, 609612364
e-mail: jerzy.marzecki@pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Łukasza Grąkowskiego zatytułowanej

"Determinanty oraz modelowanie czasów trwania przerw w zasilaniu odbiorców wynikających z zawodności sieci dystrybucyjnych energii elektrycznej."

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania tej recenzji jest pismo Pana Dyrektora Naukowego Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Świętokrzyskiej dr hab. inż. Pawła Sitka prof. PŚk z dnia 29 maja 2023 r. powołujące się na uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne z dnia 17 maja 2023 r..

Przekazana mi rozprawa doktorska liczy łącznie 284 strony tekstu zasadniczego wraz ze spisem treści, załącznikami oraz bibliografią zagadnienia (233 pozycje literatury) a także wykazem najważniejszych skrótów i oznaczeń.

2. Zagadnienie naukowe i jego sformułowanie

Podjęte przez Autora zagadnienie naukowe polegające na opracowaniu modeli matematycznych czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców w przypadku awarii różnych urządzeń i obiektów eksploatowanych w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych, mieści się w szerokim obszarze zagadnień w zakresie dyscypliny elektrotechnika, dziedziny nauk technicznych.

Celem Autora pracy było przedstawienie zagadnienia od strony praktycznej, tak aby wyniki badań można było wykorzystać w praktyce inżynierskiej. Wyniki przeprowadzonych badań mogą znaleźć zastosowanie jako dane do projektowania nowych sieci dystrybucyjnych.

Problem przerw w dostawie energii elektrycznej jest częścią obszernego zagadnienia jakim jest bezpieczeństwo energetyczne. Zapewnienie odpowiedniej ciągłości dostaw energii elektrycznej jest jednym z podstawowych celów współczesnego sektora elektroenergetycznego. Problem przerw w dostawie energii elektrycznej z punktu widzenia interesu odbiorcy w zasadzie nie jest poruszany. Najczęściej pojawia się w przypadku pozbawienia zasilania setek lub tysięcy osób na skutek skrajnych zjawisk atmosferycznych. Ponadto dostawcy energii elektrycznej nie zawsze byli w pełni zainteresowani, aby dostarczać odbiorcom energię o wysokich parametrach jakościowych. Wynikało to w zasadzie z pozycji monopolistycznej spółki dystrybucyjnej na rynku, która była jedynym dostawcą energii na danym obszarze.

W obliczu wzrastających cen energii elektrycznej oraz niestabilnej sytuacji na rynku energii konieczne jest wskazanie metod oraz opracowanie narzędzia pozwalającego na optymalizację kosztów związanych z dostarczaną energią elektryczną i niezawodnością zasilania odbiorców.

W ramach przygotowań do rozprawy doktorskiej Autor dokonał przeglądu literatury bazującej na polskich i zagranicznych opracowaniach naukowych i portalach branżowych oraz materiałach konferencyjnych związanych z podjętą tematyką, z uwzględnieniem zmian prawnych, legislacyjnych oraz ogólnej sytuacji na rynku energii w latach 2001-2022.

W pracy doktorskiej skupiono się głównie na miejskich i wiejskich odbiorcach energii elektrycznej. Zużycie energii przez gospodarstwa domowe stanowi 16,5% rocznego krajowego zużycia.

Studia literaturowe oraz zdobyte doświadczenie praktyczne Doktoranta dotyczące analizy niezawodności sieci dystrybucyjnych i skutków gospodarczych zawodności zasilania energią elektryczną różnych odbiorców na rynku energii elektrycznej, wskazują na zasadność zastosowania metod analizy czasów trwania przerw w zasilaniu odbiorców.

Spostrzeżenia te były podstawą do podjęcia ciekawego i praktycznego problemu badawczego.

Doktorant zdecydował się zatem opracować nowatorskie narzędzie, niedostępne w polskich uwarunkowaniach umożliwiające przeprowadzenie za pomocą modeli ekonometrycznych czasu trwania przerw w zasilaniu odbiorców.

Tematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb elektroenergetyki i elektrotechniki.

3. Cel i teza rozprawy

Zarówno cel pracy (jasno określony i poprawnie sformułowany), jak i teza rozprawy (strona 12) zostały przez Doktoranta sformułowane poprawnie. W sposób jednoznaczny wynika z nich zakres działań niezbędnych do wykonania w pracy.

Głównym celem pracy jest opracowanie modeli matematycznych czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców. Na jego wartość może mieć wpływ wiele czynników. Dlatego też Autor podjął próbę ustalenia tych czynników, od których ten czas zależy w największym stopniu. W pierwszej kolejności przyjęto założenie, że czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców w dużej mierze zależy od parametrów technicznych rozpatrywanej sieci. W związku z powyższym osobno analizowano sieci napowietrzne oraz sieci kablowe, a także osobno stacje napowietrzne oraz stacje wewnętrzne. W dalszej kolejności rozważono parametry charakteryzujące rozległość sieci oraz lokalizację miejsca uszkodzenia względem siedziby spółki. Następnie założono, że czas ten zależy od możliwości rezerwowania zasilania czy też braku tej możliwości. Rozważono tutaj trzy warianty: sieć bez możliwości rezerwowania zasilania, następnie sieć wyposażona w układ rezerwy przełączany ręcznie, w której monterzy po zaistnieniu uszkodzenia mogą ręcznie dokonać przełączeń w sieci i zasilić odbiorców oraz sieć, w której rezerwowanie zasilania realizowane jest za pomocą układów SPZ lub SZR, gdzie przełączenia odbywają się automatycznie, bez udziału obsługi. Wzięto pod uwagę również liczbę brygad pogotowia będących w gotowości w czasie wystąpienia awarii. Ponadto uwzględniono rodzaj urządzenia, które uległo uszkodzeniu. Przeanalizowano również wpływ czynników zewnętrznych, niekoniecznie związanych z elektroenergetyką. Wzięto m.in. pod uwagę takie czynniki, jak czynniki społeczne, ekonomiczne, gospodarcze, demograficzne oraz klimatyczne. Na koniec zrealizowano modele ekonometryczne czasu trwania przerw w zasilaniu odbiorców dla poszczególnych obiektów takich, jak linie SN i nN, stacje SN/nN oraz dla całej sieci dystrybucyjnej, jako zintegrowanego podsystemu elektroenergetycznego.

Na potrzeby pracy doktorskiej zostały pozyskane przez Autora dane od jednej z największych spółek dystrybucyjnych energii elektrycznej w kraju. Na podstawie uzyskanych materiałów będących własnością spółki dystrybucyjnej, tj. dokumentów magazynowych, materiałów działu eksploatacji, dokumentacji ekonomiczno-finansowej, kart awarii, itp., Autor sporządził bazę danych, która posłużyła do przeprowadzenia badań. Otrzymany zbiór danych zawiera:

- * 1509 awarii linii napowietrznych SN (A),
- * 831 awarii linii kablowych SN (B),
- * 2149 awarii stacji napowietrznych SN/nN (C),
- * 2284 awarii stacji wnetrzowych SN/nN (D),
- * 15224 awarii linii napowietrznych nN (E),
- * 4239 awarii linii kablowych nN (F).

Bardzo cenne jest uzyskanie i opracowanie przez Autora tak dużego zbioru danych.

Teza pracy ma cechy oryginalności, a jej prawdziwości Autor rozprawy dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym.

W rozprawie zrealizowano następujące zadania:

W rozdziale pierwszym przedstawiono cel, tezę, zakres pracy a także dokonano przeglądu literatury związanej z tematyką rozprawy.

W rozdziale drugim scharakteryzowano budowę elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych. Zaprezentowano układy sieci dystrybucyjnych. Scharakteryzowano podstawowe elementy wchodzące w skład sieci SN i nN. Przedstawiono również dane statystyczne krajowych sieci dystrybucyjnych.

W rozdziale trzecim omówiono niezawodność elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych. Przedstawiono wskaźniki i metody wykorzystywane do oceny niezawodności urządzeń i obiektów elektroenergetycznych. Przeanalizowano poziom niezawodności dostaw energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych. Zaprezentowano również charakterystykę awarii w krajowych sieciach dystrybucyjnych.

W rozdziale czwartym przedstawiono skutki gospodarcze zawodności zasilania. Omówiono koszty strat u dystrybutorów oraz odbiorców energii elektrycznej. Zaprezentowano również analizę możliwych stanów awaryjnych występujących w czasie trwania uszkodzenia elementu sieci dystrybucyjnej.

W rozdziale piątym scharakteryzowano zagadnienia analizy ekonometrycznej. Sklasyfikowano typy modeli ekonometrycznych i zmiennych w nich występujących. Przedstawiono etapy budowy modelu ekonometrycznego. Omówiono ekonometryczne modele liniowe, nieliniowe oraz dynamiczne.

W rozdziale szóstym przeanalizowano czynniki, które mogą wpływać na czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców. Omówiono sposób przeprowadzenia badań. W rozdziale tym przedstawiono również wyniki badań, których efektem są modele matematyczne czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców w przypadku awarii różnych urządzeń i obiektów eksploatowanych w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych.

W rozdziale siódmym Autor przedstawił najważniejsze wnioski oraz uwagi wynikające z pracy.

4. Waga podjętego zagadnienia naukowego

Podjęte w pracy przez Autora problemy zyskują na ważności w obecnych uwarunkowaniach technicznych i ekonomiczno-społecznych kraju związanych z niezawodnością zasilania odbiorców miejskich, wiejskich i przemysłowych.

Mimo wielu opracowań z tej dziedziny, tematu niezawodności nie można uznać za wyczerpany. Ciągłe istnieje konieczność opracowywania metod oraz sposobów zmniejszających liczbę awarii, co przełoży się na zwiększenie poziomu niezawodności dostaw energii elektrycznej do odbiorców.

W rozprawie Autor dokonał analizy czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców w przypadku awarii różnych urządzeń i obiektów eksploatowanych w krajowych sieciach dystrybucyjnych. Przedstawione w pracy badania dotyczą tzw. niezawodności eksploatacyjnej. Oznacza to, że bazują one na rzeczywistych warunkach pracy urządzeń, które oprócz procesów starzeniowych oraz zmęczeniowych uwzględniają także czynniki zewnętrzne. Takie podejście jest jak najbardziej słuszne, ponieważ większość uszkodzeń i awarii spowodowana jest czynnikami innymi niż zmęczeniowe i starzeniowe.

Autor w pracy dla każdej grupy urządzeń takich, jak linie napowietrzne i kablowe SN, stacje napowietrzne i wnetrzowe SN/nN, linie napowietrzne i kablowe nN oraz zbiorczo dla wszystkich ww. urządzeń utworzył po trzy modele ekonometryczne. Pozwala to na wyznaczenie czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców w zależności od danych jakie posiadamy. W przypadku, gdy znamy ilości brygad pogotowia będących w gotowości w czasie wystąpienia awarii, sposób rezerwowania zasilania oraz rodzaj urządzenia, które uległo uszkodzeniu możemy skorzystać z modelu bazującego na chwilowych danych empirycznych.

Ostatnimi laty, m.in. na skutek wejścia Polski do Unii Europejskiej oraz wystąpienia na świecie rozległych awarii, znacznie wzrosło zainteresowanie problematyką niezawodności układów elektroenergetycznych. Współczesny odbiorca energii elektrycznej stawia bardzo wysokie wymagania dotyczące jakości oraz ciągłości dostaw energii elektrycznej. Nawet najkrótsza przerwa powoduje niezadowolenie odbiorców oraz pociąga za sobą straty materialne. Duża niezawodność sieci dystrybucyjnych pozwala ograniczyć czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców, co z kolei skutkuje obniżeniem strat u odbiorców różnych typów.

Polityka energetyczna Unii Europejskiej jak i również Polski narzucają silne regulacje na poziomie legislacji i wywierają dużą presję odnośnie regulacji w zakresie efektywności energetycznej.

W związku z tym eksploatacja i racjonalne planowanie rozwoju systemów przesyłu, dystrybucji i zaopatrzenia w energię elektryczną różnych odbiorców oraz niezawodność zasilania odbiorców wymagać będą nowych wiarygodnych metod i poszukiwania danych opisujących zachodzące procesy.

5. Przegląd aktualnego stanu wiedzy

Dowiedzenie tezy rozprawy wymagało od Doktoranta doboru źródeł literatury, oddającej trafnie stan wiedzy w specyficznych dziedzinach, jakimi są elektroenergetyka (układy dystrybucji energii, analiza obciążeń elektroenergetycznych, zużycie energii przez odbiorcę, niezawodność elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych, skutki gospodarcze zawodności zasilania energią elektryczną) i wybrane zagadnienia analizy ekonometrycznej (tworzenie i analiza modeli).

Spis literatury zamieszczony w rozprawie składa się ze 195 pozycji wydanych w kraju i 38 pozycji zagranicznych. W tym zbiorze występuje 35 pozycji literatury ze środowiska naukowego Doktoranta, wśród których 3 jest jego współautorstwa.

Wszystkie pozycje literatury są ściśle związane z tematyką badawczą poruszaną w recenzowanej pracy i dobrze tę tematykę reprezentują. Świadczy to o bardzo dobrym rozpoznaniu przez Autora aktualnego stanu w zakresie rozważanych w pracy zagadnień.

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną, wymogi ochrony środowiska, zwiększenie efektywności energetycznej, udział odnawialnych źródeł energii, konieczność modernizacji jednostek wytwórczych i ostatecznie wzrost cen energii, wymuszają wysoką niezawodność sieci dystrybucyjnych i racjonalną gospodarkę energią elektryczną w kraju.

6. Oryginalność rozwiązania zadania naukowego

Praca bazuje na zagranicznym i krajowym dorobku naukowym dotyczącym zagadnień sieci elektroenergetycznych jako źródeł przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej, niezawodności sieci dystrybucyjnych, kosztów strat u dystrybutorów i odbiorców energii elektrycznej związanych z zawodnością zasilania w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii, a pewne szczególne wątki Autor rozwija konsekwentnie z wykorzystaniem własnych koncepcji i rozwiązań stosowanych dla sieci dystrybucyjnych.

Rozwiązania przedstawione w recenzowanej pracy przez Doktoranta stanowią dogłębną analizę warunków pracy elementów sieci dystrybucyjnych i ich wpływu na czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców energii elektrycznej dla dużego spektrum zmiennych związanych z niezawodnością sieci elektroenergetycznych i w przyszłości optymalizacją kosztów energii elektrycznej.

Do oryginalnych osiągnięć Autora przedstawionej rozprawy doktorskiej należy:

1. Zgromadzenie pokaźnej bazy danych nt. awaryjności urządzeń pracujących w elektroenergetycznych sieciach dystrybucyjnych SN i nN. Spółki dystrybucyjne niechętnie udzielają takich informacji, traktując je jako dane handlowe, jedynie do użytku wewnętrznego.
2. Zgromadzenie danych statystycznych charakteryzujących badaną sieć elektroenergetyczną, danych określających sposób rezerwowania zasilania, a także danych opisujących jakość obsługi odbiorców przez dystrybutora sieci.
3. Zgromadzenie w oparciu o materiały Głównego Urzędu Statystycznego, Agencji Rynku Energii oraz serwisów statystycznych i pogodowych, kilku tysięcy danych statystycznych, które potencjalnie mogły wpływać na czas trwania przerwy w zasilaniu odbiorców.
4. Udowodnienie, iż czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców nie zależy od parametrów charakteryzujących rozległość sieci oraz lokalizację miejsca uszkodzenia.
5. Udowodnienie, iż sposób rezerwowania zasilania oraz jakość obsługi odbiorców przez dystrybutora mają kluczowy wpływ na czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców.
6. Udowodnienie, iż czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców nie jest tożsamy z czasem trwania awarii, a więc dotychczas przeprowadzane analizy strat gospodarczych na skutek zawodności urządzeń elektroenergetycznych pracujących w sieciach dystrybucyjnych, bazujące na czasie trwania awarii, należy uznać za niewłaściwe.

7. Opracowanie unikalnych modeli ekonometrycznych czasu trwania przerw w zasilaniu odbiorców. Do tej pory takie modele ekonometryczne, jak zaprezentowane w niniejszej pracy nie były tworzone, ponieważ czas trwania przerw w zasilaniu odbiorców traktowano jako pewną funkcję czasu trwania awarii.
8. Przedstawienie zagadnienia jakim jest niezawodność elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych od strony praktycznej, tak aby wyniki badań można było wykorzystać w praktyce inżynierskiej. Wyniki przeprowadzonych badań mogą znaleźć zastosowanie jako dane do projektowania nowych sieci dystrybucyjnych. Ponadto mogą zostać wykorzystane w analizach gospodarczo-ekonomicznych zarówno nowo projektowanych sieci elektroenergetycznych i już eksploatowanych.

Stwierdzam, że przeprowadzone badania i uzyskane wyniki analityczne w oparciu o wybrane metody badawcze i aktualne problemy sektora elektroenergetycznego w pełni potwierdzają sformułowaną w rozprawie doktorskiej tezę, że

"Istnieje możliwość stworzenia modelu matematycznego czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców na podstawie parametrów charakteryzujących uszkodzone urządzenie oraz miejsce jego pracy w sieci elektroenergetycznej, a także ogólnodostępnych danych statystycznych".

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Recenzowana rozprawa jest pracą o dobrym poziomie merytorycznym. Autor niewątpliwie wykazał, że posiada umiejętność:

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- przyjmowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystywania i rozwijania właściwych podejść metodycznych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów.

Śledząc drogę rozwoju Doktoranta można wnioskować o Jego samodzielności i inicjatywie w podejmowaniu wielu trudnych zadań. Na szczególną uwagę zasługuje wysoki poziom prowadzonych rozważań, co dobrze rokuje Jego karierze naukowej i zawodowej.

8. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Do mankamentów wartościowej rozprawy doktorskiej należą:

1. Uważam, że idealnym sposobem weryfikacji opracowanych modeli ekonometrycznych byłoby skonfrontowanie ich z danymi nt. awaryjności urządzeń elektroenergetycznych w sieciach dystrybucyjnych eksploatowanych na innym obszarze, pozyskanymi np. od innej spółki dystrybucyjnej w kraju. Wówczas po pozytywnej weryfikacji takich modeli mielibyśmy pewność, że zaprezentowane modele ekonometryczne są słuszne oraz uniwersalne w swoim działaniu. W pracy weryfikacji dokonano dzieląc populację awarii na zbiór trenujący oraz na zbiór testowy. Są to jednak nadal dane dla jednej populacji generalnej.
2. Modele bazujące na danych empirycznych oraz modele pełne bazujące na danych empirycznych oraz statystycznych mogłyby się odznaczać wyższym współczynnikiem determinacji R^2 .
3. Wydaje mi się, że niektóre z zaprezentowanych modeli nie są modelami idealnymi. W zależności od zastosowanego testu ich weryfikacja jest pozytywna lub też negatywna.

4. Nawiązując do dwóch poprzednich podpunktów można stwierdzić, że w przypadkach gdzie współczynniki determinacji otrzymanych modeli nie są wysokie oraz uzyskane modele odznaczają się pewnymi wadami mógł zostać wykorzystany przez Autora inny typ modeli matematycznych, aniżeli zastosowane modele ekonometryczne.
5. Uważam, że w rozdziale 3.5 analiza awaryjności urządzeń elektroenergetycznych zainstalowanych w sieciach dystrybucyjnych mogła zostać przeprowadzona na podstawie zgromadzonych danych przez Doktoranta, a nie informacji zaczerpniętych z literatury.
6. Na podstawie zaprezentowanych modeli ekonometrycznych bazujących na pozyskanych danych statystycznych powinna zostać w przyszłości przeprowadzona przez Autora prognoza średniego czasu trwania przerw w zasilaniu odbiorców w kolejnych latach eksploatacji.
7. Zrealizowane w pracy modele dość dobrze oddają zmienność czasu trwania przerwy w zasilaniu odbiorców dla przypadków nie odbiegających w sposób znaczący od średniej. Znacznie gorzej jest z przypadkami obserwacji odstających i ekstremalnych. Czy Autor pracy badał co jest przyczyną występowania tych obserwacji ekstremalnych? Czy zrealizowane modele mogą zostać w tym zakresie jeszcze poprawione?

9. Strona redakcyjna rozprawy

Rozprawa jest zredagowana i napisana poprawnym językiem z dużą starannością edytorską. Treść rozprawy odpowiada tematowi określone w tytule. Układ rozdziałów jest poprawny i logiczny a następstwo rozdziałów właściwe. Drobne, mniej istotne, szczegółowe uwagi o charakterze w zasadzie redakcyjnym, przekazałem Autorowi, lecz ich zakres i waga nie umniejszają wartości pracy i nie wymagają autorskich ingerencji w tekst.

10. Podsumowanie

Oceniana rozprawa doktorska, umiejscowiona w dyscyplinie naukowej „Elektrotechnika”, dziedziny nauk technicznych stanowi znaczący wkład w dziedzinę wiedzy związanej z elektroenergetyką, sieciami dystrybucyjnymi, niezawodnością sieci rozdzielczych, skutkami gospodarczymi zawodności zasilania energią elektryczną odbiorców oraz kosztami użytkowania energii elektrycznej. Stwierdzam, że Autor posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika.

W recenzowanej pracy trudno wskazać fragmenty lepsze lub słabsze. Poziom pracy jest równy (analizując kolejne rozdziały) i wysoki. Doktorant wykazał się dobrą znajomością problematyki, umiejętnością twórczego rozwiązywania problemów, przekonującą prezentacją uzyskanych rezultatów oraz precyzją przedstawiania zagadnień.

Recenzowana rozprawa doktorska dowodzi, że Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jest to praca o dobrym poziomie teoretycznym, odpowiada też realiom krajowej elektroenergetyki oraz wymaganiom i oczekiwaniom potencjalnych użytkowników.

Sformułowany cel pracy oraz dowiedzenie przedstawionej tezy zostały zrealizowane z powodzeniem.

11. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi duży i samodzielny wkład Doktoranta w rozwój zastosowań i doboru modeli oraz metod obliczeniowych dotyczących niezawodności elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych w krajowej elektroenergetyce.

Przedstawione w rozprawie oryginalne rozwiązanie problemu naukowego powinno być wykorzystywane w dalszych pracach naukowo-badawczych zmierzających do ich implementacji w elektroenergetyce, sieciach dystrybucyjnych i ma istotne znaczenie dla rozwoju sektora energii elektrycznej w kraju.

Rozprawa stanowi dowód głębokiego opanowania wiedzy z wielu dziedzin oraz świadczy o wysokim poziomie naukowym Doktoranta.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Grąkowskiego pt.: „Determinanty oraz modelowanie czasów trwania przerw w zasilaniu odbiorców wynikających z zawodności sieci dystrybucyjnych energii elektrycznej” spełnia wymagania wynikające z Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882.) i stawiam wniosek o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

