



Dr hab. inż. Grzegorz Masłowski, prof. PRZ

Wydział Elektryczny
Politechniki Poznańskiej
Nadolny
prof. dr hab. inż. Zbigniew Nadolny

Przeszów, 20 sierpnia 2019 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Doroty Bugały
**pt.: "Modelowanie i analiza oddziaływań zaburzeń elektromagnetycznych
na układy instalacji stacjonarnych"**

przygotowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej
prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Nadolnego zgodnie z uchwałą Rady Wydziału
z dnia 25 czerwca 2019 r.

1. Problematyka pracy

Zagadnienia rozpatrywane w pracy należy zaliczyć do działalności naukowej związanej z kompatybilnością elektromagnetyczną (z ang. w skrócie EMC) urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Sama kompatybilność elektromagnetyczna obejmuje wiele złożonych zagadnień wymagających wiedzy z teorii pola elektromagnetycznego, w tym w szczególności mechanizmów sprzężeń tego pola z liniami transmisyjnymi, propagacji fal elektromagnetycznych i oddziaływania zaburzeń elektromagnetycznych na urządzenia elektryczne i elektroniczne. Pomimo iż kompatybilność elektromagnetyczna zaliczana jest do elektrotechniki, głównie z przyczyn wynikających z uwarunkowań historycznych sięgających jeszcze początków XX wieku (przeciwdziałanie zakłóceniom przesyłu radiowego i występującym zakłóceniom w pierwszych laboratoriach wysokich napięć), to aktualnie problemami związanymi z EMC zajmują się również specjaliści z obszaru elektroniki, telekomunikacji oraz automatyki i robotyki. W działalności naukowo-badawczej wszystkich tych specjalistów możemy dodatkowo wyodrębnić dwa główne obszary zainteresowań związane z badaniami podstawowymi zaburzeń elektromagnetycznych i mechanizmów ich oddziaływań oraz testowaniem emisyjności i odporności urządzeń pod kątem wymagań normatywnych.

W przedłożonej do recenzji rozprawie doktorskiej głównym celem była weryfikacja efektywności modelowania oddziaływań zaburzeń elektromagnetycznych w układach elektrycznych i elektronicznych instalacji stacjonarnych z wykorzystaniem symulacji komputerowych i testów w akredytowanym laboratorium EMC. Podejmowane badania komputerowe i eksperymentalne pozwalają szerzej potraktować problematykę EMC urządzeń sprawdzając ich funkcjonowanie w docelowym środowisku pracy. Takie podejście często jest stosowane w nauce i technice, a zwłaszcza tam gdzie bezpośrednio badania eksperymentalne są bardzo kosztowne lub czasami wręcz niemożliwe. W rozpatrywanym przypadku modelowanie i badania komputerowe umożliwiają wstępną ocenę zakłóceń,

które mogą powstawać na skutek oddziaływania czynników zewnętrznych, jak również pozwalają na korygowanie przyjętych założeń projektowych nowych instalacji bez ponoszenia dużych nakładów finansowych.

Dlatego też należy uznać, iż podjęte w rozprawie zagadnienia są ważna i aktualne, jak również wymagające gruntownej wiedzy z zakresu oddziaływań zaburzeń elektromagnetycznych na instalacje elektryczne oraz techniki związanej z testowaniem odporności urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Wymagają one również umiejętności stosowania metod modelowania i symulacji komputerowych, co w rezultacie kwalifikuje podjętą problematykę jako przedmiot rozprawy doktorskiej w dyscyplinie *automatyka, elektronika i elektrotechnika*.

2. Ocena układu pracy

Rozprawa liczy 146 stron i składa się z siedmiu rozdziałów, wykazu literatury i jednego załącznika. W pracy również zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wykaz skrótów i oznaczeń.

Już na samym początku rozprawy podana została w streszczeniu główna teza badawcza, jak również w punktach wymienione zostały zrealizowane badania, które zdaniem doktorantki posłużyły do osiągnięcia zamierzonego celu.

We wprowadzeniu do rozprawy skupiono uwagę na uregulowaniach prawnych związanych z wymogami kompatybilności elektromagnetycznej. Przytoczono dyrektywę Unii Europejską z 2014 roku, jak również normy określające dopuszczalne poziomy emisji zaburzeń elektromagnetycznych oraz odporności na te zaburzenia. Podano również cztery podstawowe sposoby rozprzestrzeniania się zaburzeń elektromagnetycznych wraz z wzorami opisującymi napięcia generowane przez te sprzężenia. Na podstawie dyrektywy 2014/30/UE zdefiniowano również pojęcie instalacji stacjonarnej, na którą najczęściej składają się instalacje elektryczne i telekomunikacyjne wraz z urządzeniami z natury rzeczy mogące pracować tylko w dedykowanym do tego celu miejscu. Zwrócono także uwagę na konieczność badań takich instalacji stacjonarnych, co z resztą nakazuje również wspomniana wyżej dyrektywa UE. Zdecydowano ponadto, iż adekwatnymi zaburzeniami, które mogą posłużyć do testowania instalacji są łączeniowe i piorunowe udary napięciowe, natomiast optymalna metoda to nieinwazyjne badania komputerowe z wykorzystaniem symulacji stanów przejściowych. Takie podejście wydaje się realne i uzasadnione z punktu widzenia praktycznego i bezpieczeństwa testowanych systemów, tym bardziej że przedmiotowa dyrektywa nie wskazuje konkretnych metod badawczych.

Przedstawione we wstępie uzasadnienie podjętej tematyki należy więc ocenić pozytywnie wraz z hipotezą badawczą podaną w rozdziale drugim, która mówi, iż *możliwe jest wykorzystanie komputerowych narzędzi symulacyjnych do modelowania wpływu oddziaływania wybranych zaburzeń elektromagnetycznych na funkcjonowanie układów elektrycznych i elektronicznych instalacji stacjonarnych*. Należy zauważyć, iż w streszczeniu mowa jest o tezie w stosunku do tego samego sformułowania. Taka niekonsekwencja nie powinna wystąpić w rozprawie doktorskiej, gdyż powszechnie wiadomo czym różni się teza

od hipotezy i że nie są to synonimy. Pomijając te nieścisłości można wywnioskować jednak, że chodzi o sprawdzenie czy uzasadnione jest rozwijanie badań komputerowych instalacji stacjonarnych pod kątem wymogów EMC równolegle z istniejącymi standardowymi metodami testującymi urządzenia elektryczne i elektroniczne, które realizowane są w akredytowanych laboratoriach lub w ściśle określonych warunkach środowiskowych na otwartych poligonach pomiarowych zwanych w skrócie OATS (z ang. *Open Area Test Site*). Udowodnienie prawdziwości postawionej hipotezy badawczej wydaje się oczywiste z uwagi na obecnie powszechne i skuteczne wykorzystanie komputerowych narzędzi symulacyjnych, przy czym zasadnicza kwestia powinna dotyczyć sprawdzenia w jakim stopniu możemy przewidzieć zachowanie się analizowanego systemu z wykorzystaniem badań komputerowych. Dzięki weryfikacji uzyskanych wyników symulacyjnych w laboratorium EMC możliwe było w rozprawie podjęcie się oceny tej kwestii, co z pewnością znacząco podnosi jej wartość.

W rozdziale trzecim, jak również częściowo w rozdziale drugim, dokonano przeglądu literaturowego związanego z tematyką pracy. Jak wyraźnie zaznaczono ograniczono się do literatury opublikowanej w ostatnich dwudziestu latach. Z jednej strony jest to uzasadnione z uwagi na obszerność tematyki, jednakże z drugiej strony takie ostre kryterium może eliminować pozycje przełomowe, mające wpływ do czasów obecnych na rozwój szeroko rozumianej kompatybilności elektromagnetycznej, jak chociażby praca zbiorowa *Lightning Electromagnetics* wydana w 1990 roku pod redakcją Roberta L. Gardnera, w której C.E. Baum, J.R. Wait czy też A. Zeddam i P. Degauque formują podstawy teorii związanej z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego wyładowań atmosferycznych na różne systemy techniczne, w tym również linie transmisyjne i statki powietrzne. Z klasycznych pozycji książkowych wydaje się, że brakuje takich publikacji jak *Electromagnetic Compatibility Engineering*, Henry W. Ott (2009), *EMC for Systems and Installations*, Tim Williams, Keith Armstrong (1999), jak również ważnej pozycji z punktu widzenia tematyki rozprawy *EMI/EMC Computational Modeling Handbook* Bruce Archambeault, Omar M. Ramahi, Colin Brench (2001). Pomimo tego należy uznać, iż szereg istotnych publikacji zostało uwzględnionych, w tym również pozycje literaturowe doktorantki i co jest również istotne najnowsze opracowania, w tym referat z ostatniej konferencji International Conference on Lightning Protection (ICLP), która odbyła się w Rzeszowie we wrześniu ubiegłego roku. Świadczy to o śledzeniu na bieżąco ukazujących się prac, co należy ocenić pozytywnie i w rezultacie stwierdzić, iż dokonany przegląd jest wystarczający w stosunku do podjętej tematyki pracy.

Jeśli chodzi o rozdział czwarty to omawia on aktualny stan wiedzy na temat stosowanych w laboratoriach metod badawczych do oceny emisyjności i odporności urządzeń i instalacji. Pomimo swej obszerności rozdział ten nie wnosi jednak istotnych elementów, które mogłyby być wykorzystane do potwierdzenia postawionej hipotezy badawczej (przyjmuję dalej w recenzji, iż w pracy dąży się właśnie do sprawdzenia poprawności hipotezy badawczej, a nie do udowodnienia tezy badawczej), nie mniej jednak

pokazuje obszerną wiedzę doktorantki w obszarze zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej, zwłaszcza związaną z praktycznym testowaniem urządzeń i instalacji.

W rozdziale piątym, który można uznać za najbardziej istotny przedstawiono otrzymane wyniki badań komputerowych i testów laboratoryjnych. Symulacje przeprowadzono w środowisku Simulink, który jest elementem programu Matlab. Analizie poddane zostały trzy instalacje stacjonarne, a mianowicie instalacja oświetleniowa żarowa o regulowanej mocy elektrycznej, instalacja fotowoltaiczna z modułem PV i instalacja oświetleniowa ze źródłami LED. Modele tych instalacji wraz z modelem piorunowego udaru wymuszającego typu 1,2/50 μ s i układu odsprzęgającego zrealizowano także w środowisku Matlab/Simulink. Uzyskane wyniki symulacji komputerowych porównano następnie z wynikami pomiarów zrealizowanych w akredytowanym laboratorium EMC. Zgodnie z wnioskami doktorantki uzyskano zadowalającą zgodność wyników.

W rozdziałach szóstym i siódmym dokonano podsumowania uzyskanych wyników badań, jak również wyciągnięto wnioski sprowadzające się do pozytywnego ocenienia metod badawczych wykorzystujących modelowanie i symulacje komputerowe układów elektrycznych i elektronicznych w zagadnieniach kompatybilności elektromagnetycznej.

Trochę zaskakujący jest załącznik 1 do rozprawy, w którym przedstawiono opracowanie statystyczne wyników badań. Wydaje się bowiem, iż w sposób naturalny treść jego powinna znaleźć się w rozdziale piątym, w którym przedstawiono uzyskane wyniki symulacji i pomiarów.

3. Ocena pracy

Tematyka rozprawy jest ważna i aktualna z uwagi na konieczność rozwijania metod diagnostyki elektrycznych instalacji stacjonarnych służących między innymi do weryfikowania ich funkcjonowania w warunkach oddziaływania różnego typu zaburzeń elektromagnetycznych. Badanie tych instalacji pod kątem odporności na zaburzenia przyczynia się głównie do zapobiegania awariom, co w rezultacie polepsza niezawodność pracujących urządzeń elektrycznych i elektronicznych. W rzeczywistych warunkach modelowanie i symulacje komputerowe to jedna z najważniejszych metod badawczych, która jest bezpieczna dla systemu i przede wszystkim nie wymusza przerw w jego funkcjonowaniu. Dlatego też należy pozytywnie ocenić kierunek badań prezentowany w rozprawie. Coraz szybszy wzrost mocy obliczeniowych, w tym również komputerów osobistych, oraz rozwój specjalistycznych pakietów oprogramowania stwarza możliwość implementacji coraz bardziej złożonych modeli rzeczywistych instalacji elektrycznych, które uwzględniają specyfikę pracujących w niej urządzeń. Ponadto standardowe oprogramowanie wyposażone w bogate biblioteki modeli różnych układów elektrycznych są powszechnie dostępne i mogą być stosowane w codziennej praktyce inżynierskiej.

Podsumowując ten wątek recenzowana rozprawa pokazuje, iż działania zmierzające do coraz efektywniejszego wykorzystania modelowania i symulacji komputerowych to właściwy kierunek rozwoju metod badawczych, nie tylko w aspekcie badań naukowych, ale również w czysto praktycznym wymiarze związanym z EMC. Zdaniem recenzenta jest to w

zasadzie najważniejszy wniosek wpływającym z niniejszej pracy. Dokonując bardziej szczegółowej oceny rozprawy należałoby się skupić na kilku istotnych osiągnięciach, do których można zaliczyć:

- umiejętne wykorzystanie przez doktorantkę dużego potencjału programu Matlab i wchodzącego w jego skład pakietu specjalistycznego Simulink poprzez implementację własnych modeli instalacji stacjonarnych oraz modelu impulsu zaburzającego;
- przeprowadzenie symulacji komputerowych stanów przejściowych wynikających z wprowadzanego do układu piorunowego napięcia udarowego, dzięki czemu możliwe było nie tylko jakościowe, ale również ilościowe określenie indukowanych przepięć i prądów;
- wykonanie układów i przygotowanie stanowisk laboratoryjnych do testowania analizowanych instalacji stacjonarnych, co pozwoliło na weryfikację eksperymentalną zaproponowanych modeli i symulacji komputerowych;
- dokonanie właściwego przeglądu literaturowego, który w zasadzie prawidłowo opisuje realizowane w ostatnich dwóch dekadach w kraju i na świecie badania teoretyczne i eksperymentalne w zakresie EMC oraz oddziaływań wyładowań atmosferycznych odgrywających istotną rolę w rozprawie z uwagi na wybór piorunowego zaburzenia elektromagnetycznego do testowania modelowanych instalacji elektrycznych;
- dokonanie interpretacji uzyskanych wyników symulacji komputerowych i pomiarów wraz z opracowaniem statystycznym wyników badań.

Wykonane rejestracje z wykorzystaniem samodzielnie przygotowanych układów, świadczą o tym, że doktorantka posiada dużą wiedzę i doświadczenie w prowadzeniu badań doświadczalnych w laboratorium EMC oraz zdaje sobie sprawę ze złożoności zjawisk fizycznych opisanych w rozprawie. Ponadto biele wykorzystuje metody obliczeniowe i potrafi realizować badania komputerowe wymagające przygotowania zaawansowanych modeli układów elektrycznych. Aktualnie jest to ważna cecha poszerzająca możliwości prowadzonych prac badawczych. Należy więc stwierdzić, że pomimo szczegółowych uwag wymienionych poniżej, Pani mgr inż. Dorota Bugała osiągnęła założony cel pracy udowadniając prawdziwość postawionej hipotezy badawczej i wykazując się zdolnościami do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowo-technicznych. Opanowała ona niezbędną wiedzę z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej, a w szczególności modelowania zjawisk zachodzących w instalacjach elektrycznych podczas wyładowań atmosferycznych oraz prowadzenia badań laboratoryjnych. Zastosowane w pracy metody badawcze i przedstawione wyniki analiz mają wartości poznawcze, stwarzając jednocześnie podstawę do ich wykorzystania w praktyce. Doktorantka wykazała się także umiejętnością przygotowywania rozprawy, która została w zasadzie zredagowana starannie, chociaż zawiera nieścisłości i błędy stylistyczne. Struktura treści jest właściwie skonstruowana z wyjątkiem załącznika, o którym była już wyżej mowa. Upoważnia to do stwierdzenia, że

doktorantka dostatecznie opanowała warsztat pisania rozpraw naukowych. Odnosiłki literaturowe wskazują, że posiada także niezbędną orientację w bibliografii obejmującej podejmowane przez siebie zagadnienia. Całość sprawia, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

4. Uwagi

Recenzowana rozprawa ma wystarczająco bogatą treść, więc przedstawione poniżej uwagi, które mogą być przedmiotem dyskusji lub stwarzają pole do dalszych badań, nie podważają jednak jej zasadniczych wartości.

1. Generalnie rozprawa przygotowana została starannie, ale często odnosi się wrażenie, że niektóre jej fragmenty opracowane zostały pośpiesznie, przez co nie ustrzeżono się błędów stylistycznych i nieścisłości. Na jedną z tych nieścisłości dotyczącą zamiennego używania tezy i hipotezy badawczej zwrócono już powyżej uwagę. W pracy można jednak znaleźć inne niefortunne sformułowania między innymi takie jak: *„Udar napięciowy zdefiniowany jest, jako krótki, nieregularny i destrukcyjny impuls napięciowy o amplitudzie sięgającej kilkuset kilowoltów”*. Pomijając mało precyzyjne określenia występujące w tej definicji zastanawiające jest dlaczego zawiera ona kryterium związane z wartością szczytową i dlaczego taka wartość właśnie została przyjęta skoro wiadomo, że np. w liniach elektroenergetycznych najwyższych napięć mogą powstawać podczas wyładowań atmosferycznych bezpośrednich przepięcia mające większe wartości szczytowe. Inne niefortunne sformułowanie dotyczy definicji przebiegu udarowego określanego w pracy jako tzw. udar piorunowy pełny. W jednym zdaniu określa się go jako udar napięciowy o kształcie $1,2/50 \mu s$, a w kolejnym zdaniu występuje on jako udar prądowy zgodnie z podaną definicją, która brzmi *„Udar piorunowy pełny to przepływ ładunków elektrycznych między czynnikami jonizującymi (chmurami, ziemią) w dielektryku (powietrzu)”*. Pomijając fakt, iż w trakcie wyładowań atmosferycznych czynnikami jonizującymi wywołującymi przepływ prądu piorunowego nie są chmury i ziemia jako takie lecz przede wszystkim odpowiednie natężenie pola elektrycznego wynikające z rozkładu dużej ilości ładunków elektrycznych nad powierzchnią ziemi, to jednak brak konsekwencji w określaniu tego samego udaru raz jako udaru napięciowego, a innym razem jako udaru prądowego budzi duże zastrzeżenia. Ponadto warto podkreślić na marginesie, iż znany z praktyki laboratoryjnej piorunowy udar napięciowy $1,2/50 \mu s$, wykorzystywany powszechnie w testach odporności urządzeń i układów izolacyjnych nie jest bezpośrednio związany z kształtem napięcia panującym w kanale piorunowym pomiędzy chmurą i ziemią. Utożsamianie tego udaru z parametrami występującym w kanale piorunowym to częsty błąd popełniany nawet przez doświadczonych pracowników naukowych, którzy są zaangażowani głównie w badania testowe wykonywane w laboratoriach wysokich napięć i laboratoriach EMC. Udar ten przyjęto w uregulowaniach



normatywnych jako konsensus, który pozwala mieć nadzieję, że w miarę wiernie odzwierciedla napięcie generowane w analizowanym układzie w trakcie wyładowań piorunowych doziemnych. Ponadto przykładem mniejszej wagi usterek mogą być niestety dość liczne błędy stylistyczne, powtórzenia tych samych wyrazów i drobne literówki lub też takie nieścisłości jak we wprowadzeniu do pracy, gdzie w tabeli 1 ta sama norma występuje dwa razy.

2. Jeśli chodzi o przegląd literaturowy, to należy go ocenić pozytywnie z pewnymi zastrzeżeniami wymienionymi powyżej w recenzji. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na niefortunne sformułowania takie jak: „*W roku 2007 zapoczątkowano badania symulacyjne przepięć atmosferycznych w elektroenergetycznych liniach napowietrznych podczas wyładowań atmosferycznych*”, czy też „*Pierwsze wzmianki o komputerowych modelach symulacyjnych generatorów udarów datowane są na rok 2008 ...*” Takich kategoriycznych sformułowań nie powinno używać się bez kompleksowych studiów literaturowych, zwłaszcza że doktorantka zaznacza, iż ograniczyła się do przeglądu publikacji wydanych w ostatnich dwudziestu latach. Na marginesie należy jeszcze dodać, iż powyższe przytoczone stwierdzenia nie są prawdziwe. W pracy odnotowałem ponadto błędne cytowanie na str. 23, gdzie zapewne chodziło o pozycję książkową prof. V.A. Rakova i prof. Y. Baby [4], a nie pozycję [3].
3. Na początku rozdziału piątego, podczas implementacji piorunowego udaru napięciowego w środowisku Matlab/Simulink można znaleźć stwierdzenie, iż „*W próbie 45600 odpowiadającej czasowi 0,0456 s impuls narasta do wartości 1 kV, natomiast po upływie 50 μ s impuls maleje do wartości 503,6 V*”. Jaki jest zatem czas narastania czoła udaru i jego kształt, skoro zmienia się wartość napięcia od zera do 1 kV w jednej próbie? Na rys. 35 użyto skali czasowej, która uniemożliwia obserwację czoła udaru, a jak wiadomo to właśnie szybkozmiennne czoło determinuje głównie wielkość przepięć indukowanych w innych częściach rozpatrywanej instalacji. Dodatkowo w pracy nie jest wyjaśnione dlaczego wybrano akurat taki a nie inny czas pojawienia się zaburzenia, który wynosi 0,0456 s?
4. W instalacjach stacjonarnych opisanych w rozprawie nie uwzględniono elementów ochrony przeciwprzepięciowej, które mają nieliniowe charakterystyki napięciowo-prądowe. Czy były rozpatrywane w pracy badawczej instalacje z ogranicznikami przepięć w warunkach przepięć atmosferycznych? A jeśli tak jakie były różnice w uzyskiwanych przebiegach napięć i prądów? Jeśli jednak takie układy ochronne nie były modelowane to pomimo tego należałoby się zastanowić jaki wpływ miałyby one na otrzymywane w trakcie symulacji komputerowych przebiegi prądów i napięć. Niestety takich wniosków ważnych z punktu widzenia EMC zabrakło w pracy.
5. Wprowadzenie krótkotrwałych udarów napięciowych do instalacji elektrycznych wywołuje powstawanie szybkozmiennych oscylacji z uwagi na występujące zjawiska

falowe, a konkretnie odbicia rozchodzących się fal od różnych węzłów instalacji. Jednakże w przypadku symulacji komputerowych wykonywanych dla instalacji oświetleniowej o regulowanej mocy elektrycznej takie oscylacje nie występują, a jedynie na przebieg napięcia zasilającego i prądu nałożony jest wprowadzany impuls zaburzający. Powstaje zatem pytanie jak można wyjaśnić takie „idealne” przebiegi napięcia i prądu dla opisanego przypadku?

6. W trakcie badań laboratoryjnych, które miały głównie za zadanie potwierdzić przydatność modelowania instalacji i badań komputerowych uzyskano szereg wyników, które zobrazowano między innymi na oscylogramach. Niestety na tych oscylogramach nie ma naniesionych skal, co umożliwia jedynie jakościowe ocenienie zarejestrowanych przebiegów. Czy doktorantka dysponuje danymi pozwalającymi w sposób precyzyjny zinterpretować przedstawione przebiegi? Poza tym nasuwa się pytanie dlaczego w przypadku pierwszej instalacji (rozdz. 5.3) sporządzono oscylogram oddzielnie dla zasilanego układu niezaburzonego, a w przypadku oscylogramu z zaburzeniem nie widać napięcia zasilającego. Symulacje komputerowe mają znacząco odmienny przebieg. Dla dwóch pozostałych instalacji stacjonarnych przebiegi na oscylogramach są nieczytelne z uwagi na dobraną podstawę czasu. W zasadzie wprowadzony impuls widoczny jest jako pionowy prążek i trudno jest porównać rejestracje z uzyskanymi symulacjami komputerowymi. Czy były realne powody i ograniczenia, aby takie przebiegi zaakceptować jako optymalne i właściwe na potrzeby rozprawy?

5. Podsumowanie

Uwzględniając odnotowane oryginalne osiągnięcia naukowo-badawcze doktorantki zarówno w obszarze badań eksperymentalnych i komputerowych, jak również poznawcze i użyteczne walory rozprawy, a także to, że przedstawione uwagi o charakterze dyskusyjnym nie podważają jej zasadniczych wartości stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Doroty Bugały spełnia w sposób dostateczny wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz.1789) oraz 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 i wnioskuję do Wysockiej Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

