

Dr hab. inż. Dariusz Zieliński, prof. uczelni Lublin, 06.10.2025 r.
Zakład Przetwarzania i Magazynowania Energii Elektrycznej
Katedra Napędów i Maszyn Elektrycznych
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin
tel. 81 5384597; e-mail: d.zielinski@pollub.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kamil Jan Możdżyński
pt. „Fault-tolerant and resistant to grid voltage distortion 4-leg DC/AC converter
applied to Power Electronics Transformer”

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka,
Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej
z dnia 15 października 2024 r.

1. Ocena problematyki rozprawy

Układy przekształtnikowe AC/DC mają wielorakie zastosowanie, a w szczególności stosowane są w układach integrujących trójfazową sieć dystrybucyjną niskiego napięcia z magazynami energii oraz odnawialnymi źródłami energii. Mimo szerokiej oferty tych przekształtników nadal poszukuje się koncepcji, które pozwolą utrzymać pracę w stanie zaburzeniowym sieci dystrybucyjnej i będą rozwiązaniami bardziej niezawodnymi czy charakteryzować się będą wyższą efektywnością pracy. Takie postulaty były inspiracją ocenianej pracy doktorskiej. Doktorant zaproponował technologii transformatorów wspieranych przez urządzenia energoelektroniczne, określanymi w literaturze jako transformatory energoelektroniczne lub inteligentne transformatory. Ta zaawansowana technologia umożliwia wprowadzenie wielu dodatkowych usług do sieci dystrybucyjnych, przede wszystkim w kontekście integracji rozproszonych źródeł energii oraz zasobników. W rzeczywistości, urządzenia te pełnią funkcję routera energii elektrycznej, oferując szereg korzyści dla sieci dystrybucyjnej. Zaproponowana przez Doktoranta propozycja rozwiązania, które prowadzi do opracowania systemu przetwarzania DC/AC niskiego napięcia w zastosowaniu dla transformatora energoelektronicznego zdolnego do pracy w warunkach awaryjnych. Praca ta prezentuje zagadnienia związane z niezawodnością konstrukcji oraz sterowaniem równoległe połączonych przekształtników czterogąłęziowych DC/AC LV.



Wprowadzona zmiana topologii układu pozwoliła na osiągnięcie znaczącej niezawodności. Zostało to zrealizowane dzięki użyciu mechanizmów rekonfiguracji gałęzi modułów przekształtnikowych DC/AC LV, co przynosi następujące korzyści:

- utrzymanie ciągłości działania systemu w stanach awaryjnych,
- dopasowania wydajności systemu do potrzeb sieci niskiego napięcia,
- zrównoważenia obciążenia wszystkich półprzewodników w module w celu wydłużania cyklu życia całego modułu.

Możliwość rekonfiguracji systemu wymagała zaprojektowania rozproszonego układu regulacji zarządzającego liczbą aktywnych modułów i gałęzi tranzystorowych, jak również scenariuszy załączania i odłączania gałęzi tranzystorowych od sieci prądu przemiennego.

Niezawodność z punktu widzenia układu sterowania dotyczy stabilnej pracy systemu pod wpływem zaburzeń prądów i napięć oraz zmiennej impedancji systemu. Stopień niskiego napięcia transformatora energoelektronicznego jest zdolny do pracy w dwóch trybach:

- tryb formowania napięcia sieci jako główne źródło zasilania sieci niskiego napięcia, w której odbiorniki mają nieznany charakter (priorytetem jest tu utrzymanie nieodkształconego i symetrycznego napięcia nawet pod wpływem nieliniowego i asymetrycznego obciążenia),
- tryb wspomagania sieci dystrybucyjnej w danym punkcie poprzez niezawodne dostarczanie energii i kompensację mocy bierniej.

W celu utrzymania stabilności oraz jakości napięć i prądów przedstawiono prosty układ kompensacji zaburzeń pracujący równolegle do regulatora prądu.

Cały system został zintegrowany z wykorzystaniem sieci komunikacyjnej EtherCAT, spełniającej wymagania pracy w czasie rzeczywistym. Interfejs ten umożliwia implementację rozproszonego układu sterowania z zachowaniem synchronizacji pomiędzy modułami. Dodatkowo, system komunikacji został oceniony pod kątem odporności na przerwy w transmisji danych, a zastosowana topologia zapewnia możliwość dalszego działania systemu mimo zakłóceń w łączności.

Poszukiwania nowych czy modyfikowanych metod sterowania i topologii przekształtników mocy, umożliwiających uzyskanie zwiększonych możliwości regulacyjnych są dobrym kierunkiem rozwoju. Z tego względu podjęcie prac badawczych przez Doktoranta nad badaniem, modelowaniem i przeprowadzeniem eksperymentów laboratoryjnych w temacie określonym przez tytuł rozprawy uważam za właściwą decyzję.

2. Ocena tezy badawczej, zadań naukowych, struktury rozprawy oraz zastosowanego piśmiennictwa

Układ ocenianej pracy doktorskiej odpowiada strukturze rozpraw naukowych. Po przedstawieniu motywacji, z akcentami zasadności zainteresowania się podjętym

tematem, Doktorant przedstawił krótki przegląd wybranych topologii energoelektronicznych dla transformatorów półprzewodnikowych. W końcowej części tego przeglądu uwagę skierował na podatność układu na awarię i możliwe konsekwencje ich wystąpienia.

Problem badawczy w postaci tezy naukowej Doktorant sformułował w rozdziale 1.6, która brzmi: *"The use of multiple parallel-connected DC/AC converters with a distributed control algorithm allows reliable and fault tolerant operation of the low voltage stage of Power Electronics Transformer in grid forming and grid supporting modes."*. Udowodnienie tej tezy Doktorant zaplanował w czterech zadaniach naukowych. Składają się na nie prace związane z tworzeniem modelu matematycznego, jego analizą, symulacją, badaniami rzeczywistymi i wnioskowaniem.

Dotyczą one głównie obszaru topologii jak i sposobu kształtowania prądów fazowych w przypadku rekonfiguracji topologii układu.

Dla wybranego układu sterowania Doktorant zaplanował również struktury uodporniające układ na zaburzenia pochodzące od sieci dystrybucyjnej. Doktorant przeprowadził dyskusję formułując wnioski i określając dodatkowe funkcjonalności. Poza wskazanymi zadaniami modelowymi i oceną wyników obliczeniowych Doktorant, przeprowadził badania i porównał uzyskane wyniki. Dalej dokonał analizy uzyskanych wyników i sformułował końcowe wnioski. Wyszczególnione zadania odzwierciedlone są w strukturze pracy.

Wykaz literatury obejmuje 69 pozycji bibliograficznych. Niemal wszystkie te pozycje napisane są w j. angielskim. Źródłem większości z nich są przede wszystkim artykuły z renomowanych czasopism IEEE, uznanych wydawnictwach książkowych. Pozycje te obejmują aktualną wiedzę naukowo-techniczną ściśle powiązaną z zakresem rozprawy. Jedną z wymienionych pozycji to opracowania współautorskie Doktoranta.

3. Ocena adekwatności zastosowanych metod badawczych

Zastosowane metody badawcze są zgodne z wymaganiami. Składają się na nie:

- a) Studia literaturowe wraz z interpretacją i analizą oraz formułowanie wniosków, które wyznaczają decyzje o zakresie i przedmiocie badań, kształcie tezy naukowej oraz planowanych zadaniach badawczych;
- b) Badania modelowe i symulacyjne;
- c) Planowanie badań eksperymentalnych i ich przeprowadzenie;
- d) Analiza, interpretacja i dyskusja uzyskanych rezultatów oraz formułowanie wniosków w zakresie spełnienia oraz osiągnięcia celów naukowych.

Zastosowanie tych metod w wystarczającym stopniu zapewnia realizację postawionych zadań badawczych, co uzasadniają wymienione niżej rezultaty.

Studia literaturowe ukierunkowane są ściśle na prezentację trójfazowych układów przekształtnikowych AC/DC pracujących dwukierunkowo z siecią dystrybucyjną niskiego napięcia oraz klasyfikacja ich metod sterowania. Mają one charakter zwarty, a w ich

wyniku przedstawione są podstawowe układy sterownia, jaką metodę sterowania Autor zamierza wykorzystywać w dalszej części pracy.

Badania modelowe zrealizowane były początku pracy bez wyraźnego podziału, które z nich są symulacją a które są wynikiem eksperymentów rzeczywistych wykonanych na stanowisku laboratoryjnym. Nie znajdując odpowiedniej informacji w rozprawie, po dokonaniu pogłębionej analizy stwierdzam, że znaczna większość przedstawionych wyników badań to wyniki badań modelowych i symulacyjnych. Badania te polegały na formułowaniu opisów matematycznych, na podstawie schematu elektrycznego, z uwzględnieniem architektury i proponowanej metody sterowania. Przedstawione analizy graficzna znacząco podnoszą walory niniejszej pracy.

Sformułowane przez Doktoranta równania różniczkowe umożliwiły bezpośrednią realizację badań symulacyjnych. Efekty tych badań są podane po raz pierwszy w podrozdziale 2.3.4, jednak Doktorant nie wyjaśnił jakie narzędzie symulacyjne zastosował do sporządzenia tych przebiegów. Użyte oprogramowanie jest określone dopiero na 135 stronie pracy.

Analizując całokształt pracy stwierdzam, że Autor dowiódł umiejętności posługiwania się metodą badań symulacyjnych jak i planowaniem tych badań. Niestety zabrakło oczekiwanych informacji o stworzonym oprogramowaniu, przyjętych uproszczeniach i ograniczeniach. Nie jest oczywiste, w jakim stopniu model symulacyjny stworzony został samodzielnie przez Doktoranta.

Wyniki badań rzeczywistych Doktorant przedstawił w rozdziale 5.6 na stronie 151 bez uzasadnienia, dlaczego poprzednie wyniki są symulacją. Sposób przedstawienia tych wyników jest dobry, natomiast brak podstawowych informacji na temat stanowiska badawczego i warunkach eksperymentu, uniemożliwiają ich pełną walidację. Słabą stroną jest również brak uzasadnienia przyjętych wartości napięcia stron AC i DC oraz obciążeń, skąd one wynikają i dlaczego akurat te wartości są podstawą do późniejszej oceny.

Wykonanie przewidzianych w doktoracie badań Doktorant potwierdził przedstawiając wyniki i formułując oceny i wnioski. Ostateczne konkluzje zredagował w rozdziale szóstym.

Zdaniem recenzenta, zawartość i forma przedstawionej pracy mają charakter zwartej rozprawy doktorskiej.

4. Ocena oryginalności osiągnięcia naukowego i jego przydatności dla nauk inżynierjno-technicznych

Doktorant porusza niezwykle istotny aspekt związany z możliwością zarządzania przepływami energii, określając rozwiązanie jako router energii. Proponowany układ ma za zadanie wykryć uszkodzenie, stworzyć ścieżkę alternatywną konwersji energii i przekierować przepływ. Doktorant bardzo dobrze i dokładnie sformułował wymagania dla transformatora, jeżeli chodzi o jego aspekty niezawodności. Wykonano to kompleksowo z uwzględnieniem poziomu: półprzewodnik, moduł system, wraz z uwzględnieniem scenariuszy tj. awaria linii komunikacji. Przedłożona praca doktorska ma

charakter silnie wdrożeniowy i przedstawia w detaliczny sposób jak zbudować system a nie wybrany, wyizolowany element lub algorytm układu energoelektronicznego. **Do oryginalnych osiągnięć zaliczam:** zaproponowaną topologię układu AC/DC LV wraz z matrycą przełączania poszczególnych gałęzi układu. W rozdziale 2.7 przeanalizował wnikliwie aspekt zmiany częstotliwości rezonansowe filtra wyjściowego dla różnych konfiguracji matrycy. Ponadto wyznaczył trajektorię zmiany częstotliwości rezonansowej w funkcji rekonfiguracji układu. Przeprowadził analizę literaturową pod kątem niezawodności dla strategii sterowania przekształtników AC/DC. W dalszej części rozprawy przedstawił modele matematyczne układów sterowania. W rozdziale 3.2 doktorant zaproponował adaptacyjną kompensację wyższych harmonicznych. W rozdziale 3.3 doktorant zaproponował algorytmy sterowania dla układu pracującego z siecią sztywną i wyspą elektroenergetyczną. Przeprowadził analizy stabilności układu, w szczególności dla układu pracy wyspowej, gdzie zaproponował rozwiązanie bazujące na kaskadzie 2 filtrów PR. Rozdział 3.6 Doktorant zaproponował maszynę stanów opisującą procedurę dołączania poszczególnych gałęzi układu przekształtnikowego AC/DC LV. Natomiast w rozdziale 3.8 doktorant przedstawił możliwe scenariusze dla jakich adaptuje się proponowanych układ w przypadku awarii. Rozdział 4 rozprawy został poświęcony na detaliczną analizę komunikacji pomiędzy modułami AC/DC LV. Doktorant jak protokół komunikacji wskazał EtherCAT, omówił przepływ sygnału pomiędzy sterownikiem zarządzającym Beckhoff IPC 6015 a sterownikami odbiorczymi ET1100 i mikroprocesorami wykonawczymi TMS320F28379D. Właściwie wskazał sygnały wymagane do poprawnej pracy systemu i dokonał analizy ryzyka awarii magistrali komunikacyjnej. Rozdział 5 stanowią wyniki eksperymentalne i symulację proponowanego układu. Jak narzędzie symulacyjne doktorant wybrał środowisko PLECS oraz wspierał się implementacją kodu za pomocą języka C i C++ by móc maksymalnie odwzorować warunki rzeczywiste w symulacji, co jest dużym walorem przedłożonej pracy. Wyniki rzeczywiste zostały zrealizowane z wykorzystaniem specjalnie zaprojektowanego przekształtnika 3-poziomowego typu T. Z uwagi na dużą liczbę mierzonych sygnałów, doktorant zdecydował się na prezentację z wykorzystaniem środowiska TwinCAT. Dane były przesyłane za pomocą magistrali EtherCAT ze sterowników podrzędnych.

5. Ocena sposobu przedstawienia uzyskanych wyników, uwagi problemowe oraz zauważone wątpliwości recenzenta

Praca zawiera niewielką liczbę błędów redakcyjnych. Większość rysunków i rezultatów badań wykonano prawidłowo, z należytą starannością. Wyniki badań symulacyjnych zaprezentowano w sposób przejrzysty, w przypadku analiz THD recenzent musi się jednak domyślać m.in. poziomów sygnałów oraz poprawności uzyskanych wyników. Brakuje jednoznacznego wskazania, w jakich warunkach prowadzono symulacje, a w jakich badania rzeczywiste oraz czy i jaka zachodzi między nimi korelacja. Część wyników pochodzi z symulacji, natomiast trzy ostatnie zestawy stanowią wyniki pomiarów rzeczywistych. Niejasny opis stanowiska doświadczalnego oraz parametrów badanego układu budzi wątpliwości.

W pracy brakuje punktu odniesienia w postaci parametryzacji badanych układów, wspólnej skali lub ujednoliconej metodyki prowadzenia badań. Doktorant popiera wnioski licznymi symulacjami, jednak ich ocenę utrudnia brak tabelarycznego zestawienia parametrów układu; dopiero tabela 8 (s. 84) przedstawia parametry symulowanego odbioru. Mimo tych zastrzeżeń analizy wykonano w sposób przejrzysty, a konkluzje zaprezentowano w formie tabelarycznej.

Wybrane uwagi szczegółowe:

1. Rys. 6 Modułarna struktura PET – zapis MV AC/DC 50Hz i LV DC/AC 50Hz jest trochę niefortunny, to że układy współpracują z siecią 50Hz nie oznacza, że układy kluczujące również pracują z tą samą częstotliwością.
2. Rys. 8 Jest wg recenzenta niefortunny. Zwarta szyna DC, niekonsekwencja w oznaczaniu węzłów, zgubiony znak „minus”.
3. Rys. 72 – Doktorant nie informuje czytelnika czy przedstawione wyniki są symulacjami czy wynikami rzeczywistego układu. Uwaga tyczy się do wielu prezentowanych wyników.
4. Rys. 79 – Prezentowane sygnały są wyraźnie pogrubiłe w porównaniu do poprzednich rysunków. Czy doktorant zastosował inną grubość linii, zmienił częstotliwość próbkowania, czy to jest dodatkowe zakłócenie EMI?
5. Rys. 99 - 102 – Czytelnik nie jest w stanie określić na podstawie prezentowanych wyników efektu kompensacji. W tekście, podpisie pod rysunkiem nie podano żadnych wartości liczbowych.

Uwagi krytyczne mają charakter pytań, w których Doktorant proszony jest o wyjaśnienie sposobu prowadzenia badań jak i przedstawienia wyników.

- a) Tab.2 – Proszę rozwinąć czym jest cecha: „soft load reduction”?
- b) Zdecydowanie zabrakło porównania kluczowych map sprawności dla obecnie dostępnych technologii, tj. transformator klasyczny, np. 15,75kV/0,4kV 100kVA z projektowanym transformatorem o tożsamych parametrach. Porównanie to można było dokonać we wstępie i na bazie analizy literaturowej lub symulacji. Czytelnik chciałby wiedzieć czy proponowane rozwiązanie ma również przewagi w tym zakresie. Czy doktorant podejmując temat pracy prowadził takie analizy?
- c) Doktorant nie dokonał porównania parametrów transformatora klasycznego i półprzewodnikowego, analizując najważniejsze parametry: gęstość wolumetryczna i grawimetryczna, poziomy izolacji, klasa odporności środowiskowej, wymagania serwisowe, ślad węglowy, straty jałowe, straty obciążeniowe, możliwe poziomy asymetrii napięć, limity THDu i THDi, obciążenie ogniowe, emisja hałasu. Czy doktorant podejmując temat pracy prowadził takie analizy?
- d) Doktorant analizował w rozdziale 2.2.1 możliwość zastosowania elementów odpowiedzialnych za niezawodność do chwilowego zwiększania przeciążalności

- transformatora półprzewodnikowego – jakie są czasy potrzebne do rekonfigurowania i wsparcia gałęzi dotkniętej przeciążeniem?
- e) Dlaczego Doktorant w swojej analizie potencjalnych awarii elementów przekształtnika AC/DC LV określił kondensator wyjściowy filtra LC jako niższy współczynnik awarii? Kondensator ten jest zainstalowany w układzie LC a nie LCL co powoduje, że nie ma impedancji ograniczającej prądy HF i udary szpilkowe pochodzące z sieci dystrybucyjnej. Z doświadczeń recenzenta wynika, że to jest element ulegający bardzo częstej awarii, w szczególności, gdy mamy odczynienia z pracą wyspowa i układem filtra LC - rys.10. Proszę o odniesienie się do tej uwagi.
- f) W rozdziale 2.5 doktorant zaproponował topologię zrównoleglonych przekształtników AC/DC załączanych do sieci za pomocą znanego rozwiązania z literatury jako „Static Switch” bazującego na tranzystorach typu MOSFET. Układ przełączania „Static Switch” łączy sieć elektroenergetyczną z wejściem filtra LC. W jaki sposób doktorant przewidział zabezpieczenie tranzystora przed ładowaniem kondensatora filtra LC z sieci podczas przełączania? Analogicznie co się dzieje, gdy w przypadku wystąpienia zwarcia metalicznego w sieci kondensator ten zostanie rozładowany lub wystąpi przepięcie? Czy jest przewidziana dodatkowa impedancja w formie filtra EMI? W ocenie recenzenta, proponowana matryca z tranzystorów MOSFET nie jest chroniona z uwagi na charakter filtra LC, sieci i zjawiska towarzyszące. Ponadto w systemach UPS rozwiązanie „Static Switch” rozwiązuje się za pomocą tyrystorów z uwagi na ich zdecydowanie wyższą odporność. Proszę o poruszenie powyższych aspektów i odniesienie się do rozwiązań stosowanych w przemysłowych systemach UPS.
- g) Dlaczego wyniki i dobór parametrów regulatorów rys. 56 (tab.8 i 11) są prezentowane dla napięcia sieci 70V, natomiast wyniki rys. 65 są już prezentowane dla 230V? Proszę wskazać, które wyniki to symulacja a które to badania rzeczywiste i dlaczego wyniki prezentowane są rozbieżne tzn. dobór nastaw a wyniki?
- h) Dlaczego na przykładzie rys.70, 72 itd... prądy modułów 1 i 2 mają wyższe THD w porównaniu do porodów obciążenia? Czy może Doktorant to wytłumaczyć, skoro moduły są synchronizowane co do PWM?
- i) Rys. 75 Przedstawia charakterystykę sprawności układu obliczoną na podstawie modelu. Czy doktorant może wyjaśnić jakie ograniczenia modelowe zastosował, jakiego tranzystora użył, czy uwzględnił w tej charakterystyce odbiory tj. wentylacja i matrycę przełączającą? Dla jakiego napięcia szyny DC i sieci AC ta charakterystyka została wyznaczona?
- j) Rys. 80 – Dlaczego doktorant nazwał tryb pracy sieciowej jako „Grid-supporting mode”, proszę dokonać analizy. Z jednej strony jest to uzasadnione, ponieważ są wprowadzone układy kompensacji wyższych harmonicznych oraz każda faza jest sterowana oddzielnie, natomiast nie zawiera kluczowych elementów dla tego trybu jakimi są „droop-control”. Recenzent stawia propozycję czy to nie powinno być „Extended grid-feeding mode”? Proszę się do tego ustosunkować.

- k) Tab.15 – Doktorant nie podał podstawowych parametrów stanowiska badawczego tj. napięcie DC-link, pojemność DC-link, źródło energii DC, źródło energii AC, częstotliwość pętli regulatora napięcia, układy pomiarowe napięcia i prądu, sposoby separacji od sieci. Proszę o przedstawienie podstawowych parametrów układu zastosowanego do realizacji niniejszej pracy.
- l) Proszę scharakteryzować zakres oraz poziom zaangażowania Doktoranta w budowę prezentowanego stanowiska i algorytmów sterowania.
- m) Wyniki symulacyjne polegające na utracie komunikacji EtherCAT z modułem, przedstawione na rys. 104 wykazały, że czas potrzebny na odtworzenie systemu to 130ms. Dlaczego system potrzebuje 6,5 okresu na odtworzenie, przy prezentowanej przepustowości EtherCAT? Proszę o wskazanie przyczyny i stwierdzenie czy ten czas można skrócić.
- n) Rys. 109 przedstawia fragment symulacji PLECS. Widnieją tam elementy R1 i R2, które mogą znacząco wpływać na wyniki symulacyjne, natomiast doktorant nie wykazał tego w pracy. Proszę o komentarz, wpływu R1 i R2 na zaprezentowane wyniki symulacyjne.
- o) Wybrano transformator średniej częstotliwości 100kHz bez analizy tj. gabaryt, koszt, waga, rozwiązanie konstrukcyjne w funkcji częstotliwości. Doktorant wskazał częstotliwość transformatora bez uzasadnienia, dlaczego? W publikacji ETH Zurich pt., *Solid State Transformer Concepts in Traction and Smart Grid Applications* J.W. Kolar, G.I. Ortiz Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich Power Electronic Systems Laboratory (www.pes.ee.ethz.ch), większość transformatorów do aplikacji dla OSD było wykonane w częstotliwości 20kHz. Proszę o wyjaśnienie wyboru częstotliwości dla transformatora.
- p) Doktorant wyraźnie skupia się na niezawodności rozwiązania, nie poruszając aspektów sprawności konwersji energii. Czy Doktorant analizował wpływ zaproponowanej matrycy przełączeniowej na sprawność rozwiązania?

Wśród uwag o charakterze porządkowym pragnę wymienić:

- a) Brak jakichkolwiek informacji o udziale Doktoranta stworzonym oprogramowaniu, przyjętych uproszczeniach i ograniczeniach. Nie wiadomo więc, czy model symulacyjny stworzony został samodzielnie przez Doktoranta czy w zespole.
- b) Brak jest informacji o zastosowanym sprzęcie pomiarowym i jego parametrach.

Doktoranta proszę o ustosunkowanie się do przedstawionych uwag w formie pisemnej i przesłanie odpowiedzi min. 7 dni przed planowaną obroną, z wykorzystaniem poczty elektronicznej na adres e-mail recenzenta pobrany ze strony <https://ehms.pollub.pl/standard/staff.php>.

Wszystkie wymienione wątpliwości wyrażają zainteresowania recenzenta rozprawą, mając jednocześnie na celu zwrócenie uwagi Doktorantowi na merytoryczne i redakcyjne niedociągnięcia. Zastrzeżenia o charakterze merytorycznym powinny być wyjaśnione przez Doktoranta.

Zum

6. Ocena czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata do stopnia doktora w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Pomimo szeregu szczegółowych pytań uznać można, że rozprawa doktorska mgra inż. Kamila Możdżyńskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz szczegółową wiedzą w zakresie przekształtników napięcia AC/DC pracujących w stanie zaburzenia. Realizując pracę naukową dowiódł posiadania umiejętności stosowania różnych metod badawczych, co świadczy o nabyciu wystarczających umiejętności do samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

Uwzględniając wymienione argumenty wnioskuję, aby rozprawę doktorską mgra inż. Kamila Możdżyńskiego uznać za istotny wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Stwierdzam więc, że opiniowana praca spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgra inż. Kamila Możdżyńskiego do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej.

Uwzględniając wysoki poziom merytoryczny rozprawy, kompletność tez, poprawność przeprowadzonych rozważań, staranność redakcyjną, złożoność podjętego problemu oraz wyraźny potencjał wdrożeniowy, wnoszę o wyróżnienie rozprawy — po jej pozytywnym przyjęciu, udzieleniu satysfakcjonujących merytorycznie odpowiedzi na pytania recenzenta oraz nadaniu stopnia naukowego doktora.