

S E K R E T A R I A T  
Rady Dyscypliny AEFITK  
18.11.2022

Wpłynęło dnia.....  
Zarejestrowano pod nr .....  
Podpis .....

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Chojowskiego  
pt. *Izolowana przetwornica do dwukierunkowego przekazu energii o miękkim przełączaniu z wykorzystaniem pojemności pasożytniczych*”.

Niniejsza recenzja została przygotowana na podstawie uchwały z dn. 29 września 2022 Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, o powołaniu mnie na recenzenta przedmiotowej rozprawy doktorskiej oraz pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Pana dr hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. Uczelni, z prośbą sporządzenia recenzji odnośnej rozprawy doktorskiej.

Recenzję przygotowałem zgodnie z przekazanymi mi zasadami wykonania recenzji jako zestaw ocen lub informacji zawartych w materiale rozprawy.

#### 1. Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej.

1.1 Tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia rozprawy.

Moim zdaniem, tytuł rozprawy *Izolowana przetwornica do dwukierunkowego przekazu energii o miękkim przełączaniu z wykorzystaniem pojemności pasożytniczych* jest niepoprawnie sformułowany. Po pierwsze, nie ma „energii o miękkim przełączaniu”, są natomiast przekształtniki pracujące z tzw. miękką komutacją prądu. Po drugie, część zdania „z wykorzystaniem pojemności pasożytniczych.” odnosi się do łączników i elementów biernych, a tego wyrazu brakuje w tytule. Poprawny tytuł rozprawy, moim zdaniem, byłby na przykład *Budowa i realizacja izolowanego tranzystorowego przekształtnika typu DAB, z wykorzystaniem pojemności pasożytniczych elementów układu do realizacji miękkiego przełączania łączników, podczas dwukierunkowej wymiany energii elektrycznej.*

1.2 Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych,

Układ rozprawy doktorskiej jest prawidłowy chociaż wnoszę własne uwagi. Rozdziały od I Wstęp do Rozdziału III.6 zawarte są na 51 stronach. Moim zdaniem, rozprawa doktorska nie jest podręcznikiem dydaktycznym i jako taka wymaga od czytelnika przygotowania merytorycznego. Opis zawarty na 51 stronach jest za długi i zbyt szczegółowy.

Pozostałe merytoryczne rozdziały rozprawy tj. IV Modelowanie i projektowanie przekształtnika DAB, V rezonansowy przekształtnik izolowany, VI Praktyczna realizacja przekształtnika w oparciu o ZVS CV z wykorzystaniem pojemności wyjściowej tranzystorów mocy, VII Wyniki badań laboratoryjnych w konfiguracji Dual Active Bridge oraz VIII Wnioski końcowe z badania układu DAB z podwójnymi tranzystorami oraz miękkiego przełączania, są klasycznym układem dobrego opisu pracy doktoranta wg schematu: analiza – modelowanie za pomocą specjalistycznych programów komputerowych – budowa modelu fizycznego – badania potwierdzające lub nie potwierdzające tezy doktoranta – ocena wyników badań.

### 1.3 Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej.

Moja ocena piśmiennictwa jest bardzo dobra, ale wnoszę jedną uwagę – literatura wskazana w Podrozdziale do każdego Rozdziału powinna być tym Rozdziałem cytowana. Niestety tak nie jest. W Rozdziale II.3 Literatura do rozdziału II podane są dwie pozycje [II.13] oraz [II.14] nie cytowane w tym rozdziale. Sprawdziłem kilkakrotnie treść tego rozdziału i wskazanych publikacji nie znalazłem. Gdyby taki stan dotyczył każdego kolejnego rozdziału Rozprawy to byłaby to poważna uwaga dla Doktoranta.

### 1.4 Wskazanie oraz ocena celu pracy Kandydata do stopnia doktora.

Doktorant na stronie 18 przedstawił tezy rozprawy i cele pracy. I tak:

Tezy rozprawy były następujące:

- a) *Możliwe jest wykorzystanie pojemności pasożytniczych elementów układu i elementów biernych do realizacji miękkiego przełączania tranzystorów w izolowanym przekształtniku do dwukierunkowej wymiany energii elektrycznej (DAB).*
- b) *Wykorzystanie łączenia równoległego tranzystorów pozwoli na zwiększenie sprawności układu dla dużych wartości transformowanej mocy czynnej.*

Celem pracy było:

*Zbadanie możliwości zwiększenia sprawności przekształtnika DC-DC w układzie Dual Active Bridge (DAB) na drodze modyfikacji topologii, polegającej na zastąpieniu pojedynczych łączników przez dwa pracujące, równoległe połączone łączniki oraz zbadanie zjawisk i opisujących je zależności, mających wpływ na sprawność przetwarzania energii w szerokim zakresie mocy.*

Zarówno teza jak i cele pracy były sformułowane jasno i w interesujący sposób. Opisują one poważne podejście doktoranta do wyjaśnienia pewnych, nieznanych do tej pory, problemów projektowania i wykorzystania przekształtników typu DAB.

### 1.5 Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych.

Metody badawcze zastosowane przez Doktoranta oceniam bardzo wysoko. Przeprowadzona przez Niego analiza matematyczna oraz symulacja komputerowa (Rozdziały IV oraz V) wykorzystaniem programu LTSPICE wykazały Jego duże umiejętności tak analityczne jak i symulacyjne. Zaprojektowanie i wykonanie modelu rzeczywistego przekształtnika DAB (Rozdział VI) to dowód znakomitych umiejętności praktycznych Doktoranta. Ten Rozdział oceniam najwyżej w recenzowanej rozprawie.



## 1.6 Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań;

Wyniki badań i pomiarów Doktorant przedstawił w Rozdziale VII. Dokonany przez Doktoranta opis przeprowadzenia pomiarów i ich ocena, moim zdaniem, jest zbyt uproszczona. I tak:

- a) Doktorant nie przedstawił cech zastosowanych przyrządów pomiarowych. Brak jest informacji o dokładności pomiarów np. oscyloskopu Tektronix MDO3000 czy analizatora mocy Yokogawa WT1800. Moim zdaniem Doktorant powinien umieścić z Załącznikami informacje o np. dokładności pomiarów użytych przyrządów, kopi świadectwa legalizacji danego przyrządu itp. Recenzent nie wie z jaką dokładnością zmierzono moc czynną P przebiegów niesinusoidalnych o częstotliwości kilkuset kHz, czym zmierzono rezystancje obciążenia i z jaką dokładnością dla o częstotliwości kilkuset kHz. Na stronie 116 jest jedynie wzmianka „Parametry zastępcze transformatora wyznaczono analizatorem impedancji...”. Jakim?
- b) Brak informacji o dokładności pomiarów rzutuje bardzo mocno na ocenę uzyskanych wyników badań, przedstawionych przez Doktoranta na str.135. Doktorant napisał (cytuję): Sprawność w szczycie wzrosła z 95% (dla około 600W) do 95,5 (dla około 650W), co oznacza wzrost o pół punktu procentowego. Przy maksymalnym, zmierzonym transferze mocy, zmierzona sprawność wynosiła 94,2 dla klasycznego układu. Przy podwójnym łączeniu tranzystorów, zmierzono wartość 94,8%, zatem o 0,6 procenta większa niż w klasycznym układzie. (podkreślenia Recenzenta).

Tak mały wzrost sprawności układu powoduje pytania o metodę pomiarów oraz dokładność przyrządów pomiarowych. Proszę, aby na te pytania Doktorant odpowiedział podczas publicznej obrony swojej rozprawy.

## 1.7 Informacja praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań.

Uzyskanie przez Doktoranta dodatkowych informacji dotyczących analizy i projektowania przekształtnika w topologii DAB jest znaczącym krokiem w kierunku zastosowań przemysłowych tego typu przekształtników jako transformatorów energoelektronicznych dużej mocy.

## 1.8 Informacja o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenie rozprawy doktorskiej.

Jako recenzent zwracam uwagę na niejednorodność terminologiczną ocenianego materiału. W Umowie o dzieło, Pan Dziekan Wydziału EAIiB zamawia wykonanie przez mnie recenzji **rozprawy doktorskiej**. Podobnie stanowi Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Dz.U.2021.478 tj. z dnia 2021.03.16, Art. 187. **Rozprawa doktorska**. Natomiast Doktorant przedstawia mi do oceny **Pracę doktorską**. Moim zdaniem nie powinno się utożsamiać „pracy” z „rozprawą”.

## 1.9 Ocena czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Przedstawiony w Rozdziałach IV, V, VI oraz VII rozprawy materiał dotyczący analizy matematycznej, symulacji komputerowej, projektowania nowej topologii przekształtnika typu DAB są niepodważalnym osiągnięciem Doktoranta, nie publikowanym wcześniej w literaturze naukowej.

Moim zdaniem, tezy naukowe zostały jednoznacznie potwierdzone jedynie w przypadku pierwszej z nich:



a) *Możliwe jest wykorzystanie pojemności pasożytniczych elementów układu i elementów biernych do realizacji miękkiego przełączania tranzystorów w izolowanym przekształtniku do dwukierunkowej wymiany energii elektrycznej (DAB).*

Co do drugiej tezy b) *Wykorzystanie łączenia równoległego tranzystorów pozwoli na zwiększenie sprawności układu dla dużych wartości transformowanej mocy czynnej, uważam, że Doktorant uzyskał obiecujące wyniki symulacji i pomiarów, stanowiące przesłanki i zachętę do dodatkowych badań.*

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

Recenzowana rozprawa jednoznacznie prezentuje bardzo dobrą wiedzę teoretyczną Doktoranta z obszaru dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika. Doktorant potwierdził umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jednakże recenzowany materiał naukowy uwypukla Jego braki w obszarze opisu i edytowania własnych przemyśleń czy też badań. Strona wydawniczo-edycyjna rozprawy jest najsłabszym elementem ocenianego materiału. Wybrane szczegóły niedociągnięć Doktoranta przedstawiam w p. 2.

## **2) Inne informacje lub uwagi istotne dla wyrażenia stanowiska zawartego w recenzji.**

Zwracam uwagę na następujące, wybrane usterki edytorskie i językowe zauważone podczas czytania rozprawy:

- str. 22, jest „...parametry jakości energii”. Energia nie ma jakości. Energia jest lub jej nie ma. Moim zdaniem pojęcie „jakości” może dotyczyć jedynie „jakości dostawy energii elektrycznej” a mierzalnym parametrem tej dostawy jest napięcia elektryczne. Bezpośrednie tłumaczenie terminu „*power quality*” na j. polski nie jest dobrym przykładem.
- str. 31, jest podpis pod rysunkiem III-2 „Jednofazowa topologia DAB...”. Nie, to nie jest „Jednofazowa topologia...”, to jest „Schemat jednofazowej topologii DAB...”
- str. 33, jest „Napięcie na indukcyjności sprzęgającej L...”. Indukcyjność jest cechą określającą induktor/cewkę, więc nie może być na niej żadnego napięcia. Podobnie cechą kondensatora jest pojemność a rezystora rezystancja. Podobne lapsusy językowe znalazłem na kolejnych stronach rozprawy np. na str. 35 jest „Prąd indukcyjności L..” a powinno być „prąd w induktorze/cewce o indukcyjności L..”
- str. 37, podpis pod rysunkiem III-6, jest „Przesyłana moc względna  $P/P_{max}$ ...” a powinno być „Ilustracja przesyłania mocy względnej.....”. Lapsus językowy.
- str. 41, podpis pod rysunkiem III-1, jest „Impulsy sterujące...”. Powinno być „Przebiegi czasowe impulsów sterujących...”
- bardzo irytujące i niedopuszczalne jest złe łamanie stron. Dla przykładu, na dole strony 45 jest rysunek, ale jego podpis jest już na górze strony 46. Podobne łamanie strony jest na stronie 69. Podpis do rysunku jest na stronie 70.
- kolejną niedogodność znajdzie czytelnik na stronie 94. Tu znajduje się opis Tabeli V-I a sama Tabela prezentowana jest aż na 3 stronach: 94, 95, 96.
- str. 46, podpisy pod rysunkami III-19 oraz III-20, jest „Analiza kierunku przepływu prądu...” Po pierwsze, rysunek to nie analiza. Powinno być „Ilustracja pomocna do analizy pracy przekształtnika gdy przewodem łączniki..”. Po drugie określenie „przepływ prądu” nie jest właściwe na tym poziomie rozprawy. „Prąd elektryczny” jest zjawiskiem fizycznym określającym ruch ładunków elektrycznych pod wpływem pola elektrycznego. Dlatego prąd

„jest” w obwodzie albo go nie ma, gdyż w rozprawie nie rozpatruje się obwodu jako linii długiej i rozchodzenia się energii w formie fali elektromagnetycznej.

- w ogólności, Doktorant powinien stosować w podpisach pod rysunkami bardziej precyzyjnych określeń np. ilustracja równoległego połączenia tranzystorów, schemat układu, przebiegi czasowe lub zdjęcie wykonanego elementu układu czy stanowiska pomiarowego.

- str. 81, tekst „Wymuszenie drgań w obwodzie mocy prowadzi do quasi-sinusoidalnego kształtu prądu (rezonans szeregowy) lub napięcia (rezonans równoległy)” jest pomyłką Doktoranta. Zjawisko rezonansu napięcia może występować w obwodzie zawierającym szeregowo połączone elementy bierne cewkę, kondensator i rezystor, natomiast rezonans prądów może wystąpić w obwodzie zawierającym równoległe połączone elementy bierne (cewka, kondensator i rezystor). Potocznie można użyć określeń „rezonans napięcie” to „rezonans szeregowy” a „rezonans prądów” to „rezonans równoległy”

### 3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie moich ocen cząstkowych przedstawionych w pkt. 1-2 niniejszej recenzji, po uwzględnieniu merytorycznych osiągnięć Doktoranta opisanych w Rozdziałach IV, V oraz VI rozprawy stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Chojowskiego spełnia wymagania określone w art 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65, poz. 955 z póź. zm.) w związku z art 179 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 - Przepisy Wprowadzające Ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U 2018 poz. 1669 z póź.zm).

Stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony a po jej pozytywnym zakończeniu, do kontynuowania procedury nadania Panu Maciejowi Chojowskiemu stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, zgodnie z obowiązującymi przepisami.



Marek Hartman