

Warszawa, dnia 8.09.2023 r.

Prof. dr hab. inż. Sławomir Wronka
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Ul. A.Soltana 7
05-400 Otwock

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA, ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE
KOSMICZNE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Tytuł rozprawy: Hardware Simulator Based on a Behavioral Model of a Superconducting Accelerating Module used in the European Spallation Source.

Autor rozprawy: mgr inż. Maciej Grzegorzółka

Podstawą recenzji jest uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej z dnia 27 czerwca 2023 roku oraz pismo Przewodniczącego Rady z dnia 28 czerwca 2023r. w tej sprawie.

1. Zagadnienie naukowe rozpatrywane w pracy.

Przedstawiona rozprawa dotyczy opracowania symulatora do testowania systemów sterowania LLRF (*Low Level Radio Frequency*) dla akceleratora ESS (*European Spallation Source*). W tym celu niezbędne było zbudowanie urządzenia imitującego pracę nadprzewodzącej wnęki przyspieszającej oraz wzmacniacza dużej mocy. Od symulatora wymaga się jak najdokładniejszego modelowania właściwości fizycznych i sygnałowych oraz przesyłania wszystkich sygnałów niezbędnych do pracy układów LLRF.

Autor pracy opisał założenia, projekt, wykonanie i testy opracowanego urządzenia. Zostało ono z powodzeniem wykorzystane przy instalacji układów w sekcji *Medium Beta* akceleratora ESS.

Opracowana metodyka projektowania i uniwersalizm rozwiązań pozwala na adaptację opisanych układów i ich wykorzystanie w innych akceleratorach.

Przedstawiona praca ma charakter doświadczalny.

2. Analiza źródeł i stanu wiedzy.

W przedstawionej rozprawie Autor uwzględnił 76 źródeł, zawierających pozycje książkowe, publikacje w czasopismach naukowych, materiały konferencyjne, raporty i odnośniki do stron internetowych oraz prace magisterskie i doktorskie. Nazwisko Doktoranta pojawia się przy 3 pozycjach.

W części wstępnej pracy mgr inż. M. Grzegorzówka przybliży czytelnikowi cele pracy i motywację opracowania układu symulatora, opisując wymagania układu LLRF dla ESS. Autor omawia następnie poszczególne elementy składowe układu, tj. wnękę nadprzewodzącą, klistron i cyrkulator.

Dalsza część pracy zawiera opis układów zbudowanych przez Autora, opis oprogramowania oraz uzyskane wyniki.

Wszystkie poruszone tematy znalazły swoje umocowanie w przytoczonej literaturze, z uwzględnieniem najnowszej światowej wiedzy w wymaganym zakresie.

Podsumowując, stwierdzam, iż wybór źródeł, które stanowią tło realizowanej pracy doktorskiej jest właściwy, świadczący o dobrym rozeznaniu Autora w tematyce doktoratu.

3. Rozwiązanie postawionego zagadnienia

Po dokonaniu analizy literatury oraz obecnie stosowanych rozwiązań, Autor opisuje ścieżkę realizacji budowanego symulatora od założeń i koncepcji poprzez projekt po wykonanie i uzyskane wyniki. W rozdziale trzecim zamieszczony został opis sprzętu, a rozdział piąty dotyczy oprogramowania realizującego funkcje i odpowiedzi modelu (*firmware*).

Symulator został zbudowany z wykorzystaniem dedykowanego układu FPGA, jak zaznaczył Autor – było to rozwiązanie droższe, ale zapewniające łatwą możliwość zmian parametrów i ew. modyfikacji w przyszłości, a co najważniejsze – testy wszystkich sygnałów oraz oprogramowania LLRF.

Oceniając realizację projektu należy stwierdzić, iż prezentuje ona najnowszy stan wiedzy w zakresie elektroniki cyfrowej i analogowej, w tym w obszarze wysokich częstotliwości (sygnałów RF). Symulator jest najbardziej kompleksowym rozwiązaniem ze wszystkich istniejących na rynku.

W podsumowaniu i wnioskach pracy zawarte zostały kierunki potencjalnego rozwoju urządzeń i opracowanej metodyki z zastosowaniem ich w innych eksperymentach i akceleratorach.

Podsumowując, uważam, że Doktorant uzasadnił sposób postępowania, czerpiąc z literatury przyjął prawidłowe założenia do realizacji pracy i rozwiązał postawione zagadnienia stosując właściwe metody.

4. Oryginalność rozprawy, samodzielny i oryginalny dorobek autora

Przedstawiona rozprawa dotyczy oryginalnego rozwiązania symulatora, którego koncepcja i realizacja stanowi pierwsze tak kompleksowe opracowanie na świecie.

Przygotowanie koncepcji urządzenia, realizacja sprzętowa oraz implementacja wymaganych funkcjonalności w oprogramowaniu to wkład Autora. W zakresie projektu było też testowanie i pomoc w integracji z systemem sterowania LLRF.

Poziom rozprawy jest adekwatny do obecnego stanu wiedzy, metodyki i stosowanych technik odzwierciedlonych w literaturze światowej.

5. Redakcja rozprawy

Rozprawa jest uporządkowana logicznie i napisana w sposób zrozumiały, aczkolwiek niezwykle oszczędnie.

Doktorant jasno przekazał cel pracy, sposób przeprowadzenia badań oraz uzyskane wyniki, wszystkie wykresy są czytelne i adekwatnie obrazują opisywane treści.

Kilka drobnych błędów:

- 1) Nazwa *Critical Design Report* pomyłona z *Conceptual Design Report* na str. 13
- 2) Odwołania do Fig. 3.3, Fig. 5.11 i 5.12 znacznie poniżej rysunku, podobnie odwołanie to Tab. 5.1.
- 3) We wzorze (4.2) powinno być L' , analogicznie we wzorze (4.3) C' .

Niedosyt budzi skrótowości opisu. Poza odnośnikami do literatury Doktorant mógł zdecydowanie rozszerzyć opis skomplikowanych zjawisk zachodzących we wnękach przyspieszających, które symuluje. Uwaga ta jednak obejmuje obszar tematyki akceleratorowej. Należy oddać Autorowi, że zagadnienia związane z samymi układami zostały opisana w sposób adekwatny do wymagań zakresu pracy.

Rozprawę jako całość oceniam pozytywnie.

6. Inne uwagi

Autor pracy zbudował zaawansowany układ symulatora, osiągając parametry zgodne z wymaganiami i założeniami. Każdy symulator jednakże warto sprawdzić z rzeczywistym odpowiednikiem. Brak opisu jakichkolwiek testów uważam za słabość ocenianej pracy. Być może zadanie to jest planowane i zostanie wykonane po ukończeniu instalacji i badań wnęk ESS, choć można to było przeprowadzić na jakichkolwiek danych z istniejących już wnęk przyspieszających.

Uwaga ta nie jest skierowanym wprost zarzutem do Doktoranta, gdyż wywiązał się on z postawionego zadania dostarczenia urządzenia dla grupy LLRF, a raczej zwróceniem uwagi na świadome wykorzystywanie niezweryfikowanego pod kątem fizycznym narzędzia.

7. Znaczenie pracy

Całokształt działań Doktoranta był konsekwencją rzeczywistych potrzeb, wynikających z uczestnictwa w ambitnym projekcie ESS.

Zrealizowany symulator jest pierwszym w świecie tak rozbudowanym narzędziem i prezentuje wysoki światowy poziom w dziedzinie układów elektronicznych dla współczesnych akceleratorów cząstek.

Zaprojektowane układy mogą być z powodzeniem zastosowane również w innych akceleratorach, a opracowana metodyka pozwala na dalszy rozwój konstrukcji w miarę pojawiania się na rynku nowych podzespołów.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy

b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania

c/ spełniająca wymagania

d/ spełniająca wymagania z nadmiarem

e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Podsumowanie:

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Macieja Grzegorzówki spełnia wymagania formalne przepisów o rozprawach doktorskich, wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.