

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

Warszawa, 30 maja 2018 r.

D z i e k a n a t

Uprzejmie informuję, że na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej odbędzie się w dniu 19 czerwca 2018 r. publiczna obrona rozprawy doktorskiej

mgr inż. Andrzeja Wojeńskiego

temat: „Szybka diagnostyka promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA”

promotor – dr hab. inż. Krzysztof Poźniak, prof. Politechniki Warszawskiej

recenzenci:

dr hab. Zbigniew Szadkowski, prof. Uniwersytetu Łódzkiego

dr hab. inż. Sławomir Wronka, prof. Narodowego Centrum Badań Jądrowych

Obrona odbędzie się w dniu 19 czerwca 2018 r. w sali 116 na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych – Gmach im. Janusza Groszkowskiego, Warszawa, ul. Nowowiejska 15/19; początek godz. 9.00.

Po adresie: www.elka.pw.edu.pl/Wydzial/Rada-Wydzialu/Harmonogram-obron-doktorskich-streszczenia-i-recenzje zapewniony jest na stronie Wydziału dostęp do tekstów streszczenia rozprawy i recenzji, jak również do tekstu rozprawy umieszczonej w Bazie Wiedzy Politechniki Warszawskiej.

Dziekan



prof. dr hab. inż. Krzysztof Zaremba

mgr inż. Andrzej Wojeński

Tytuł doktoratu:

Szybka diagnostyka promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA

Streszczenie

Konieczność poszukiwania nowych, wydajnych i długo dostępnych źródeł energii wynika z ograniczonych kopalnianych zasobów energetycznych na świecie. Jednym z obecnie badanych rozwiązań jest pozyskanie energii na bazie fuzji jądrowej. W tym celu są prowadzone zaawansowane technologicznie eksperymenty kontrolowanej syntezy jądrowej w gorącej plazmie tokamakowej. Utrzymanie stanu plazmy o temperaturze 100 mln stopni jest bardzo złożonym i niepowtarzalnym procesem. Dlatego niezbędne jest szczegółowe monitorowanie stanu plazmy przez wiele systemów diagnostycznych. Szczególnie ważne jest zapewnienie wiarygodnej diagnostyki plazmy realizowanej przez szybkie systemy pomiarowe czasu rzeczywistego, pracujące w sprzężeniu zwrotnym toru sterowania tokamakiem, w trudnych warunkach eksploatacyjnych (tj. w obecności zakłóceń elektromagnetycznych, promieniowania jonizującego itp.). W pracy opisano stosowane obecnie rodzaje systemów pomiarowych służących do diagnostyki plazmy. Z uwagi na tematykę pracy szczególny nacisk położono na omówienie szybkich systemów diagnostyki transportu zanieczyszczeń plazmy. Na podstawie przeprowadzonej w pracy analizy literaturowej wykazano, że nie istnieje systemowy model monitorowania jakości danych dla tej klasy systemów pomiarowych czasu rzeczywistego stosowanych w diagnostyce plazmy. Dotyczy to w szczególności szybkich i wiarygodnych analiz sygnałów pomiarowych o bardzo dużej intensywności, pozyskiwanych z wielokanałowych detektorów promieniowania rentgenowskiego typu GEM. Na podstawie wyników eksperymentów przeprowadzonych w ośrodkach CELIA (Francja) oraz ASDEX (Niemcy) wykazano, że zapewnienie jakości przetwarzania danych pomiarowych jest niezbędne w celu otrzymywania wiarygodnych rezultatów pomiarów widma promieniowania gorącej plazmy tokamakowej. W rozprawie doktorskiej zaproponowano model monitorowania oraz oceny jakości danych typu Data Quality Monitoring (EDQM) na bazie klasyfikatorów sygnałów. Model jest przeznaczony do pracy ze strumieniami danych pomiarowych o wielkich intensywnościach w systemach czasu rzeczywistego pracujących w pętli sprzężenia zwrotnego i zapewniających bardzo małą latencję toru przetwarzania. Zaproponowane rozwiązanie umożliwia bieżącą ocenę jakości danych pomiarowych przetwarzanych przez algorytmy w trybie czasu rzeczywistego. Ponadto w pracy zostały omówione dodatkowe moduły subdiagnostyk umożliwiające szczegółowe analizy danych pomiarowych w trybie on-line oraz analizy w trybie off-line bazujące na dużej statystyce zarejestrowanych zdarzeń. Model diagnostyki EDQM z wybranymi klasyfikatorami sygnałowymi opracowano w językach programowania HDL i C/C++ oraz zintegrowano w układach FPGA i CPU. Zrealizowano ponadto rozbudowane środowisko typu test-bench do symulacji uzyskanych wyników w trybie pracy modelu EDQM. Omówiono rezultaty laboratoryjnych eksperymentów z rzeczywistymi źródłami promieniowania rentgenowskiego – izotopem żelaza ^{55}Fe oraz lampą rentgenowską o dużej intensywności. Pozyskane dane pomiarowe zostały przeanalizowane przez opracowany system EDQM w celu weryfikacji działania modelu i poprawy jakości uzyskiwanych wyników pomiarowych. W celu praktycznego potwierdzenia postawionej tezy pracy zaimplementowano w układach FPGA oraz w CPU model diagnostyki EDQM z wybranymi klasyfikatorami sygnałowymi w opracowanym przez autora bazowym torze przetwarzania danych w systemie pomiarowym diagnostyki zanieczyszczeń plazmy dla tokamaka WEST (Francja).

Słowa kluczowe:

detektor GEM, układy FPGA, firmware, VHDL, Verilog, symulacja HDL, monitorowanie jakości danych, system czasu rzeczywistego, sprzężenie zwrotne, diagnostyka plazmy, tokamak, promieniowanie rentgenowskie, system pomiarowy.

Warszawa, dnia 29.05.2018 r.

Dr hab. inż. Sławomir Wronka
Profesor nadzwyczajny

Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Ul. A.Soltana 7
05-400 Otwock

***KWESTIONARIUSZ – RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ***

Tytuł rozprawy: Szybka diagnostyka promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA

Autor rozprawy: mgr inż. Andrzej Wojeński

Podstawą recenzji jest uchwała Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej z dnia 27 marca 2018r. oraz pismo Pana Dziekana w tej sprawie z dnia 7 maja 2018r.

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Teza przedstawionej pracy doktorskiej została jasno zdefiniowana przez autora: *Możliwa jest ocena i monitorowanie jakości danych na bazie modelu rekonfigurowalnego klasyfikatora sygnałów w strumieniu danych w celu realizacji szybkiej diagnostyki promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA dla systemów czasu rzeczywistego pracujących w pętli sprzężenia zwrotnego.*

Mgr Wojeński w swojej pracy zajmuje się zagadnieniem efektywnego zbierania i przetwarzania znacznej ilości danych, w celu reagowania w pętli sprzężenia zwrotnego na zachowanie się reaktora termojądrowego (tokamaka).

Przewiduje się, że przyszłym, niemal niewyczerpanym źródłem energii na Ziemi będzie zjawisko syntezy. Obecnie budowane są kolejne, coraz bardziej rozbudowane instalacje doświadczalne, mające przybliżyć nas do budowy pierwszej elektrowni termojądrowej.

W pierwszej części pracy autor wprowadza czytelnika w tematykę tokamakowych eksperymentów kontrolowanej fuzji termojądrowej w zakresie niezbędnym do zrozumienia istoty zagadnienia. Opisuje, iż tokamaki są urządzeniami bardzo skomplikowanymi, a podtrzymanie procesu fuzji jest niemałym wyzwaniem. Kluczowym zagadnieniem staje się monitorowanie w czasie rzeczywistym wielu parametrów plazmy tak, aby nie uszkodzić reaktora przy jednoczesnym efektywnym działaniu tego urządzenia. Jednym z możliwych sposobów weryfikacji pracy tokamaka jest pomiar promieniowania RTG w celu diagnostyki transportu domieszek plazmy. Tym obszarem zajął się doktorant, wykorzystując jako urządzenie pomiarowe detektor GEM. Przy pomiarach impulsów z detektorów tego typu Pan Wojeński chce dokonać analizy jakości mierzonych danych (ang. DQM), definiując dwa cele główne rozprawy:

- Opracowanie modelu oceny i monitorowania jakości danych opartego na klasyfikatorach sygnałów do zastosowania w diagnostyce plazmy oraz promieniowania rentgenowskiego z użyciem detektorów typu GEM i układów FPGA,

oraz

- Opracowanie implementacji modelu oceny i monitorowania jakości danych dla toru przetwarzania bazowego w systemie diagnostyki promieniowania domieszek gorącej plazmy GT-SXR dla tokamaka WEST.

Cele zostały sformułowane jasno, a ich sformułowanie poprzedzone zostało wstępem przybliżającym wszystkie aspekty pracy.

Praca ma charakter teoretyczno-doświadczalny.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

W przedstawionej rozprawie autor uwzględnił aż 158 źródeł, zawierających przede wszystkim publikacje w czasopiśmie naukowych (w tym konferencyjne), prezentacje (seminaria) i odnośniki do innych stron internetowych. Nazwisko autora pojawia się przy 58 pozycjach, potwierdzając znaczny dorobek publikacyjny P. Wojeńskiego.

Wszystkie obszary poruszonej w pracy tematyki znalazły swoje umocowanie w przytoczonej literaturze, uwzględniając najnowszą światową wiedzę w wymaganym zakresie.

Stwierdzam zatem, iż wybór źródeł, które stanowią tło realizowanej pracy doktorskiej jest właściwy, a wnioski z przeprowadzonej analizy źródeł pozwoliły autorowi na wybór własnej ścieżki realizacji prac.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Obydwa postawione przez autora cele zostały zrealizowane.

Po pierwsze, opracowany został rekonfigurowalny i w dużym stopniu uniwersalny model oceny i monitorowania jakości danych EDQM (Evaluation and Data Quality Monitoring). Doktorant zdefiniował główne cele dla systemu pomiarowego, m.in. trafność danych i identyfikowalność, ale również możliwość filtracji, redukcja danych i szybkość systemu. Ponadto zaproponowane zostały subdiagnostyki: techniczna i statystyczna. Schemat modelu przedstawiono w implementacji układu FPGA z diagnostyką drugiego stopnia implementowaną po stronie komputera wbudowanego.

W drugiej części rozprawy przedstawiono opracowaną i zrealizowaną przez autora implementację bazowego toru przetwarzania oraz akwizycji danych w systemie GT-SXR (ang. GEM Tomography Soft X-ray Diagnostic). Tor ten został zintegrowany z modelem EDQM, łącznie z dodatkowymi narzędziami analitycznymi.

Po dogłębnej weryfikacji poprawności implementacji, przeprowadzone zostały rzeczywiste eksperymenty z wykorzystaniem źródeł promieniowania.

Warte podkreślenia jest również opracowanie przez autora oprogramowania całego systemu.

Autor w pracy opisuje sprzętową realizację układów oraz funkcjonalności oprogramowania. Przedstawia szczegóły zastosowanych rozwiązań, integrację poszczególnych systemów oraz uzasadnienie postępowania. Nie boi jednocześnie przyznać się do nie do końca zrozumianych zjawisk – jak np. wprowadzona na str. 169 klasa sygnałów o charakterze krótkotrwałych impulsów, których przyczyna nie została jeszcze wyjaśniona.

Uważam, że doktorant przyjął prawidłowe założenia do realizacji pracy i rozwiązał postawione zagadnienia, stosując właściwe dla przedmiotu badań metody.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy polega na zaprojektowaniu, zbudowaniu i uruchomieniu kompletnego toru pomiarowo – diagnostycznego dla detektora GEM pod kątem pracy tego detektora w rzeczywistych warunkach kontroli pracującego tokamaka. Badanie i monitorowanie jakości danych w systemie pracującym w pętli sprzężenia zwrotnego jest opracowaniem innowacyjnym.

Samodzielne i oryginalne osiągnięcia autora są znaczne, polegają w szczególności na: opracowaniu modelu EDQM, realizacji toru akwizycji w systemie diagnostycznym GT-SXR, integracji toru z modelem oraz wykonaniu pomiarów. Autor opracował również oprogramowanie, m.in. firmware, konfiguracyjne niskiego poziomu, obsługi interfejsów, integracji z narzędziami obliczeniowymi.

W celu zbadania poprawności działania zrealizowanych komponentów, autor opracował wieloetapowe narzędzia do weryfikacji pracy bazowego toru przetwarzania i akwizycji

danych oraz poprawnego funkcjonowania całego systemu, a następnie wykonał testy przy ich zastosowaniu.

W pracy pokazano również dalsze możliwości rozwoju opracowanych układów.

Warto podkreślić, iż realizacja pracy pozwoliła na zdefiniowanie nowych klas obserwowanych przypadków i np. wykrycie błędów konstrukcyjnych zbudowanego sprzętu.

Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową jest aktualna. Potwierdzają to uwzględnione w spisie literatury publikacje oraz prezentacje tematu na poważnych światowych konferencjach.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Przedstawiona rozprawa jest obszerna. Wynika to z konieczności opisanie zrealizowanych układów i algorytmów, a także wyników badań i dyskusji. Warto podkreślić, iż opis ten jest logiczny. Zadanie to nie było łatwe, jednak autor dobrze się z niego wywiązał. Doktorant jasno przekazał cele pracy, wybrane metody i szczegóły sprzętowej implementacji opracowanego modelu. Przedstawienie wyników obejmuje możliwe przykłady zdarzeń w detektorze GEM oraz reakcję systemu na ich wystąpienie.

W pracy znalazły się niestety pewne błędy redakcyjne:

- Konsekwentnie w całej pracy występują pozostawione na końcu wiersza pojedyncze litery (tzw. sieroty)
- W kilku miejscach pracy nie zachowano tej samej skali na osi pionowej porównywanych wykresów (np. Tab. 16, Tab. 21, Tab. 22, itd.)
- Drobne błędy typu zamiana liter, co jednak przy obszerności pracy wcale nie dziwi

Uchybienia te nie zacierają przekazu i nie umniejszają wartości pracy. Rozprawę jako całość oceniam bardzo pozytywnie.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Przedstawiona rozprawa nie posiada istotnych merytorycznie słabych stron. Należy jednak zauważyć błąd na Rys. 5 (odwrotny kształt wykresu bądź złe oznaczenie osi Y). Na usprawiedliwienie autora dodam, iż błędny rysunek występuje w źródłowej publikacji, z której został zaczerpnięty. Błąd ten nie spowodował fałszywych wniosków i moim zdaniem ma charakter zasugerowanego przeoczenia.

Pewien niedosyt powoduje brak w rozdziale 10.3 dyskusji nt. klasyfikatora typu UDF. W Tab.11 dla lampy rentgenowskiej ma on zawsze wartość 0. Według autora wynika on z przesłuchów niektórych z analogowych kanałów wejściowych, jednak występuje wyłącznie dla źródła Fe-55.

Autor również wspomina o zakłóceniach zewnętrznym polem elektromagnetycznym (np. z lampy rentgenowskiej). Oczywiście urządzenie, które jest wrażliwe na zewnętrzne pola EMC nie może być miarodajnie wykorzystywane w eksperymencie, zatem zapewnienie

odpowiedniej kompatybilności może być ważnym wymaganiem przed rzeczywistym wykorzystaniem urządzenia w elektrowni termojądrowej.

Podsumowując, praca reprezentuje wysoki poziom merytoryczny i nie zawiera istotnych wad.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przydatność rozprawy dla nauk technicznych jest znaczna. Autor zaprojektował i wykonał innowacyjny system diagnostyczny i zaprezentował rzeczywiste wyniki uzyskane z wykorzystaniem detektora GEM, zaimplementowanego toru pomiarowego zintegrowanego z modułem EDQM i dwóch źródeł promieniowania.

Uważam, że wykonane prace wnoszą istotny wkład w dziedzinę sterowania przyszłymi reaktorami termojądrowymi, obejmują analizę dużych strumieni danych w czasie rzeczywistym i ocenę jakości danych pomiarowych, stanowiąc ważne i innowacyjne narzędzie diagnostyczne. Jednocześnie układy są na tyle uniwersalne, iż mogą być wykorzystane w innych dziedzinach nauki i techniki (np. fizyka wysokich energii, energetyka jądrowa).

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**

Wnioskuje o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Stanisław Wroble

dr hab. Zbigniew Szadkowski, prof. nadzw. UŁ
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Uniwersytetu Łódzkiego

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgra inż. Andrzeja Wojeńskiego
„Szybka diagnostyka promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej
z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA”

Praca doktorska przedstawiona przez mgra inż. Andrzeja Wojeńskiego została wykonana na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Poźniaka prof. nadzw. PW.

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez Autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

We rozdziale 6. Autor przedstawia dokładną strukturę swojej dysertacji. Stawia następującą tezę:

Możliwa jest ocena i monitorowanie jakości danych na bazie modelu rekonfigurowalnego klasyfikatora sygnałów w strumieniu danych w celu realizacji szybkiej diagnostyki promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA dla systemów czasu rzeczywistego pracujących w pętli sprzężenia zwrotnego.

Wskazuje ponadto, że wykazanie poprawności tezy wymagało spełnienia następujących dwóch celów pracy:

Cel 1:

Opracowanie modelu oceny i monitorowania jakości danych opartego na klasyfikatorach sygnałów do zastosowania w diagnostyce plazmy oraz promieniowania rentgenowskiego z użyciem detektorów typu GEM i układów FPGA.

Cel 2:

Opracowanie implementacji modelu oceny i monitorowania jakości danych dla toru przetwarzania bazowego w systemie diagnostyki promieniowania domieszek gorącej plazmy GT-SXR dla tokamaka WEST.

Praca ma charakter teoretyczno-doświadczalny. Monitorowanie jakości danych zostało praktycznie przetestowane przez Autora na bazie autorskiego opracowania hardware'u i firmware'u modułu EDQM.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy Autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

raporty wewnętrzne oraz inne pozycje również z listy filadelfijskiej.

Zakres cytowanych źródeł jest bardzo szeroki i dobitnie świadczy o pełnej orientacji Autora w zakresie obecnego stanu wiedzy, jak i trendów w rozważanej dziedzinie.

W rozdziałach 3-5 Autor przedstawia obecny stan wiedzy w zakresie syntezy termojądrowej, szybkiej diagnostyki transportu domieszek plazmy i monitorowanie jakości danych bogato ilustrując opisywane procesy odnośnikami do literatury.

Nazwisko Autora występuje aż w 56 pozycjach literaturowych.

3. Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienie i czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Tak. Autor wykazał znajomość procesów fizycznych w procesach generacji plazmy w urządzeniach typu Tokamak, a przede wszystkim wyjątkową znajomość w dziedzinie analizy sygnałów uzyskiwanych z Tokamaka niezbędnych do właściwego zamknięcia pętli sprzężenia zwrotnego w celu stabilizacji procesów długotrwałego grzania plazmy. Wszelkie fluktuacje i niepewności w procesach przetwarzania sygnałów mogą mieć nawet katastrofalny wpływ na Tokamak jako taki. Dlatego pełne zrozumienie wszystkich procesów sterowania jest zagadnieniem fundamentalnym by zapewnić najwyższą możliwie jakość danych i stabilną pracę. Bardzo precyzyjna analiza potencjalnie niebezpiecznych procesów daje gwarancję, że ryzyko w procesie sterowania będzie ograniczone do minimum.

O randze pracy może dodatkowo świadczyć fakt, że testy odbywały się na rzeczywistym Tokamaku WEST. By jakkolwiek prototyp został dopuszczony do realnych testów na tak skomplikowanej i drogiej aparaturze musi on przejść niezwykle dokładne sito testów teoretycznych i laboratoryjnych i być przedyskutowany przez szerokie grono ekspertów na Critical Design Review. Dopiero po pozytywnych opiniach (m.in. o minimalnym ryzyku awarii systemu w czasie testów) prototyp dopuszczany jest do testów w warunkach rzeczywistych. Fakt testów na Tokamaku dobitnie świadczy o wysokim zaufaniu przez grono ekspertów do opracowanego przez Autora systemu.

Oba wyznaczone cele 1 i 2 zostały osiągnięte i w pracy dokładnie udowodnione i udokumentowane.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy, czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy polega na

1. Opracowaniu modelu monitorowania jakości danych czasu rzeczywistego.
2. Zaproponowaniu klasyfikatorów sygnałów jako podstawy pracy systemu EDQM.
3. Zaproponowaniu metodologii analizy sygnałów w celu weryfikacji istniejących i tworzenia nowych klasyfikatorów.
4. Zaproponowaniu dodatkowych klas diagnostyk: technicznej i statystycznej.
5. Zaproponowaniu oznaczania zdarzeń flagami klasyfikatorów w celu umożliwienia późniejszych analiz stopnia drugiego lub optymalizacji algorytmów CPU.
6. Integracji modelu EDQM z torem bazowym w układach FPGA backplane.
7. Wyznaczeniu miejsca implementacji modelu EDQM w układzie FPGA w celu możliwie niewielkich modyfikacji toru bazowego.
8. Opracowania i implementacji wybranych klas sygnałów w formie klasyfikatorów.

11. Opracowania i implementacji algorytmów synchronizacji łączy.
12. Opracowania zestawu rozbudowanych symulacji typu test-bench kompletnego środowiska pomiarowego w celu przeprowadzenia analizy pracy modelu EDQM oraz uzyskanych wyników z dużą liczbą zdarzeń.
13. Opracowania dodatkowych narzędzi do analizy jakości danych PulseViewerDQM w trybie off-line w środowisku Matlab.
14. Integracji modelu EDQM z zaimplementowanym bazowym torem przetwarzania i akwizycji danych.
15. Współuczestnictwa w pomiarach fizycznych z wykorzystaniem detektora GEM.
16. Praktycznej weryfikacji metodologii diagnostyki sygnałowej pełnym modelem EDQM (z sub-diagnostyka techniczną oraz statystyczną) poprzez wykorzystanie pomiarowych danych źródłowych, rozbudowanego środowiska test-bench oraz opracowanych narzędzi w środowisku Matlab.
17. Analizy uzyskanych wyników pracy modelu EDQM w aspekcie:
 - a. o poprawności klasyfikacji danych,
 - b. o możliwości badawczych. np. identyfikacji nowych zjawisk,
 - c. o wpływu pracy modelu na uzyskiwane wyniki końcowe w postaci histogramów.

Doktorant w oparciu o analizę dostępnej wiedzy, zdobyte doświadczenie i właściwą interpretację wyników dostarczył niezwykle silne narzędzie diagnostyczne o olbrzymich walorach praktycznych umożliwiającym sterowanie niezwykle skomplikowanych systemów typu Tokamak.

5. Czy Autor wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy) ?

Praca napisana jest w języku polskim. Słownictwo, gramatyka i całość pracy ocenić należy na poziomie bardzo dobrym.

Autor przedstawia

- Skrótowo procesy fizyczne istotne z punktu widzenia stabilności wytworzonej plazmy w Tokamaku,
- oraz bardzo precyzyjnie typy potencjalnych zagrożeń w sterowaniu Tokamakiem i przepływ sygnałów w procesie sterowania

W każdym z rozdziałów widać kompetencję Autora w formułowaniu opisów procesów i wyciąganiu wniosków.

Autor sformułował precyzyjnie wnioski: hipoteza z rozdziału 6 została w pełni potwierdzona.

Uzyskane rezultaty potwierdzają:

1. Poprawność przyjętej metodologii prowadzenia badań oraz analiz wyników.
2. Możliwość monitorowania jakości danych w czasie rzeczywistym.
3. Poprawną klasyfikację oraz rejestrację sygnałów rzeczywistych, pochodzących ze źródeł promieniotwórczych.
4. Poprawne funkcjonowanie sub-diagnostyki technicznej oraz statystycznej.
5. Konieczność implementacji zaawansowanych algorytmów przetwarzania sygnałowego w komputerze wbudowanym ze względu na złożoność sygnałów, szczególnie w przypadku intensywnego promieniowania.

- 1) Skrót EDQM użyty na str. 5 w Streszczeniu został w pełni wyjaśniony na str. 66 jako **Evaluation and Data Quality Monitoring**,
- 2) Parametr σ w pierwszym wzorze na str. 22 nie został omówiony,
- 3) Autor operuje pojęciem °K, temperaturę w skali bezwzględnej podaje się w Kelwinach

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Metodologia przeprowadzenia badań oraz analiz wyników jest nie mniej ważna od precyzyjnego, szybkiego i niezawodnego hardware'u. Wybór architektury, stopnia redundancji, komponentów systemu, topologii systemu, optymalizacja kosztów, funkcjonalności i niezawodności jest zagadnieniem trudnym wymagającym uwzględnienia wielu, często przeciwstawnych, parametrów. Poziom komplikacji zdecydowanie rośnie dla aparatury pracującej w wyjątkowo trudnych warunkach środowiskowych (jak np. Tokamak), gdy priorytetem jest niezawodność, ale która musi być kompromisem między szybkością przetwarzania olbrzymiej liczby danych i dokładnością ich przetwarzania

Stąd praca Autora jest bardzo istotna dla przyszłych badaczy podobnych zagadnień, gdyż dostarcza szereg szczegółowych informacji, zwykle niedostępnych w publikacjach naukowych, które koncentrują się na meritum zagadnienie, pozostawiając niuanse, tricki nieopublikowane, a które to, często niedoceniane szczegóły, są fundamentem know-how.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) Nie spełniająca wymagań stawianym rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b) Wymagająca wprowadzenia poprawek,
- c) Spełniająca wymagania,
- d) Spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,

e) Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Podsumowanie

Podsumowując przedstawianą opinię stwierdzam, że praca mgr inż. Andrzeja Wojeńskiego „Szybka diagnostyka promieniowania domieszek w plazmie tokamakowej z wykorzystaniem detektora GEM i układów FPGA” spełnia wymagania formalne przepisów o rozprawach doktorskich zgodnie z Ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 – Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595 – z późniejszymi zmianami oraz wymagania zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim i **wniosuję o dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony rozprawy.**

Rozprawę zaliczam do kategorii **Wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie** i stawiam wniosek o przyznanie wyróżnienie pracy mgr inż. Andrzeja Wojeńskiego.

dr hab. Zbigniew Szadkowski prof. nadzw. UŁ

