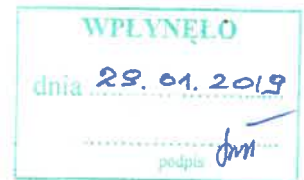


Warszawa, 10 stycznia 2019 r.

Dr hab. inż. Krzysztof Poźniak, prof. PW
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
dla Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Development of high-speed hybrid pixel detectors for experiments with synchrotron radiation”

Autorka rozprawy: mgr inż. Anna Kozioł
Dyscyplina: elektronika

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

Współczesne urządzenia synchrotronowe trzeciej generacji, takie jak European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) w Grenoble we Francji, Advanced Photon Source (APS) w Argonne w USA, synchrotron SOLEIL w Paryżu we Francja czy Spring-8 w Sayo w Japonii oraz Lasery na Swobodnych Elektronach (FEL) określane mianem czwartej generacji, umożliwiają wytworzenie ultra intensywnej, strukturalnej i spójnej wiązki promieniowania. To tworzy szczególnie wysokie wymagania wydajnościowe i jakościowe dla dedykowanych urządzeń pomiarowych. Praca doktorska pani mgr inż. Anny Kozioł w tym kontekście dotyczy zagadnień projektowania, budowy i implementacji bardzo szybkich systemów pomiarowych dla eksperymentów typu „time-resolved”, które umożliwiają badanie dynamicznych właściwości materiałów na poziomie atomów z rozdzielczością czasową rzędu nanosekund. W konsekwencji praca posiada przede wszystkim charakter aplikacyjno-doświadczalny. Autorka podjęła się opracowania, realizacji i wdrożenia trzech autorskich systemów na potrzeby m.in. eksperymentów typu „time-resolved” w oparciu o nowatorski hybrydowy detektor pikselowy UFXC (Ultra Fast X-Ray Chip) pozwalający na pracę w trybie zliczania pojedynczych fotonów w zakresie promieniowania X.

W wyniku przyjętej koncepcji pracy, Autorka zaproponowała trzy tezy pracy postulujące możliwość wykorzystania hybrydowych detektorów zliczających pojedyncze fotony

1. w eksperymentach typu „Pump-Probe-Probe”, gdzie dla bardzo krótkiego czasu zliczeń pojedynczych fotonów możliwe jest rozdzielanie pojedynczych pakietów przy zachowaniu wysokiej rozdzielczości energetycznej dla niskiego współczynnika wzmocnienia układu i zachowania dostatecznego odstępu od poziomu szumów,
2. w pomiarach typu „X-Ray Photon Correlation Spectroscopy” w celu poprawy o kilka rzędów wielkości możliwości wykonania wielkiej liczby ultra szybkich akwizycji zliczeń fotonów z bardzo małym czasem martwym pomiędzy kolejnymi akwizycjami,
3. do opracowania koncepcji i realizacji uniwersalnego, autonomicznego i niskobudżetowego systemu odczytu z detektorów UFXC zrealizowanego na bazie uproszczenia i standaryzacji procesu projektowania, a w konsekwencji uzyskania istotnego zmniejszenia złożoności projektu, wymaganych kompetencji konstruktorskich, czasu oraz kosztów jego realizacji.

Dwie pierwsze tezy posiadają bardziej szczegółowych charakter, natomiast teza trzecia stanowi dopełniające ujęcie systemowe i rozwojowe rozwiązań uzyskanych przez Autorkę, co istotnie powiększa spektrum dalszych możliwości zastosowań opracowanych systemów.

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

Autorka w rozprawie odwołuje się do 79 pozycji literaturowych, w tym do jednej pozycji polskojęzycznej i czterech renomowanych witryn internetowych. Pozostałe 74 źródła literaturowe są anglojęzyczne. Są to w dużym stopniu bardzo aktualne materiały cenionych wydawnictw naukowych oraz konferencji międzynarodowych dotyczące m.in. urządzeń synchrotronowych i aktualnie stosowanych metod badawczych oraz układów i urządzeń detektorowych. Ponadto pani mgr inż. Anna Koziół odwołuje się w rozprawie do 7 publikacji współautorskich w jez. angielskim, w tym trzech gdzie jest pierwszym współautorem.

Dobór pozycji literaturowych zamieszczony w doktoracie jest prawidłowy, co świadczy o bardzo dużej wiedzy i rozeznaniu Autorki w zakresie tematyki pracy. Autorka we właściwy sposób wykorzystuje informacje zawarte w cytowanej literaturze.

3. Czy Autorka rozwiązała postawione zagadnienia, czy użyła właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Na podstawie zgromadzonej literatury Autorka wskazała na istotny brak efektywnego instrumentarium umożliwiającego badanie dynamicznych właściwości materiałów z rozdzielczością przestrzenną na poziomie rozmiaru atomów i z rozdzielczością czasową rzędu nanosekund. Autorka zaproponowała nowatorską metodę integracji hybrydowego detektora pikselowego UFXC z trzema autorskimi systemami akwizycji umożliwiającymi zliczanie pojedynczych fotonów, uzyskując dzięki temu bardzo wysoką rozdzielczość czasową dla dużej częstości cykli pomiarowych. Przeprowadzone przez Doktorantkę pomiary eksperymentalne potwierdziły zasadność i poprawność przyjętych w dysertacji założeń oraz tez. W szczególności Doktorantka wykonała i przetestowała:

1. na synchrotronie SOLEIL dla jego trzech trybów wypełnienia, system dla eksperymentu typu „time-resolved” wykazując, że cechuje się dużą energetyczną i czasową zdolnością rozdzielczą, możliwością pracy z dużą intensywnością promieniowania X oraz czasem integracji poniżej 150 ns,
2. na synchrotronie w Advanced Photon Source system pomiarowy pracujący w trybie hybrydowym łączący ze sobą ciągły tryb pracy wraz z tzw. trybem *burst*, a w efekcie umożliwiający pracę z szybkością rzędu 1.2 mln akwizycji na sekundę,
3. autonomiczną kamerę promieniowania X umożliwiającą ciągły transfer danych pomiarowych z dużą szybkością dzięki zastosowaniu interfejsu Channel Link.

Konkludując, Autorka wykazała się wiedzą teoretyczną i umiejętnościami praktycznymi zarówno w zakresie doboru właściwych założeń, metod jak i prawidłowego użycia współczesnych narzędzi programistycznych. Tym samym wiedzę i umiejętności Autorki oceniam bardzo wysoko.

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

Pani mgr inż. Anna Koziół zaproponowała autorską metodę nowatorskiego zastosowania hybrydowego detektora pikselowego UFXC do bardzo szybkich, wydajnych i precyzyjnych pomiarów fotonów promieniowania X m.in. dla trzeciej i czwartej generacji synchrotronów. W szczególności został opracowany nowy tryb pracy detektora umożliwiający osiągnięcie prędkości 1.2 mln akwizycji na sekundę w trybie „burst”, co jest rezultatem prawie dwie dekady lepszym w stosunku do obecnie stosowanych rozwiązań. Ponadto wskutek połączenia dwóch trybów pracy w detektorze, uzyskano zwiększenie rozdzielczości czasowej w

eksperymentach typu „multi-speckle XPCS” poprzez rozciągnięcie osi czasu w przedziale od 826 ns do 52,8 s, tj. blisko osiem dekad, co stanowi osiągnięcie w skali światowej.

Jako oryginalny wkład Autorki w zakresie opracowania i eksploatacji dedykowanych systemów pomiarowych należy w szczególności wymienić:

- szczegółową charakteryzację kanałów detektora, w tym pomiar szumu, wzmocnienia, czasu martwego elektroniki front-end oraz stabilności poziomu odniesienia,
- zaproponowanie iteracyjnej metody korekcji rozrzutu napięć stałych na wejściach dyskryminatorów szybszej o około rząd razy w stosunku do innych metod,
- zaproponowanie szybkiej metody korekcji wzmocnień poszczególnych kanałów odczytu,
- zaprojektowanie uniwersalnego systemu akwizycji o dużej złożoności i wydajności, łącznie z realizacją oprogramowania kontrolno-odczytowego dla kamery promieniowania X oraz urządzenia typu host.

Oryginalny dorobek uzyskany przez panią mgr inż. Annę Kozioł został opublikowany w renomowanych czasopismach, w tym Journal of Synchrotron Radiation i Journal of Instrumentation oraz zaprezentowany na międzynarodowych konferencjach, takich jak IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference NSS/MIC w 2014 r., International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES w 2015 i 2016 r. i International Workshop of Radiation Detectors IWORID w 2017 r.

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

Rozprawa doktorska pani mgr inż. Anny Kozioł została zredagowana w sposób przejrzysty, z wyraźną dbałością o logikę prezentacji omawianego materiału, a także o układ graficzny i detale rysunków oraz tabel. Praca składa się z ośmiu ponumerowanych rozdziałów, spisu rysunków i tabel oraz bibliografii. Pracę dodatkowo uzupełniono spisem najważniejszych akronimów, który jest bardzo pomocny dla czytelnika.

W rozdziale pierwszym krótko przedstawiono układ pracy. W rozdziale drugim Autorka dokonała omówienia współczesnych urządzeń synchrotronowych szczególnie pod kątem uzyskiwania wiązki koherentnego promieniowania X o wielkiej intensywności i unormowanej strukturze czasowej oraz szczegółowego przeglądu i porównania stosowanych detektorów typu SPC. Końcowe wnioski posłużyły Autorce do sformułowania trzech tez pracy zamieszczonych w rozdziale trzecim. W konsekwencji rozdział czwarty zawiera szczegółowe omówienie scalonego układu odczytu hybrydowego detektora pikselowego UFXC32k pracującego w trybie zliczania pojedynczych fotonów oraz szybkich autorskich metod jego charakteryzacji i kalibracji. Rozdział ten stanowi punkt wyjścia do dalszych trzech rozdziałów, gdzie Autorka kolejno omawia opracowane systemy pomiarowe i wykazuje prawdziwość postawionych tez na bazie przeprowadzonych pomiarów eksperymentalnych i laboratoryjnych. Praca jest zakończona szczegółowym podsumowaniem dokonań Doktorantki.

Podsumowując, układ rozprawy pani mgr inż. Anny Kozioł jest prawidłowy i pozwala czytelnikowi na zapoznanie się z logicznie po sobie następującymi etapami pracy. Liczne diagramy ułatwiają zrozumienie poruszanych przez Autorkę zagadnień. Dużą zaletą pracy jest to, że rozdziały główne zostały zakończone zwięzłymi podsumowaniami.

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

Praca obejmuje wykazanie trzech postawionych tez w oddzielnych rozdziałach. W konsekwencji zamieszczony materiał konstruktorski dotyczący m.in. konfiguracji FPGA przy użyciu oprogramowania LabView jest zbyt pobieżnie omówiony, głównie opisowo. Czytelnik nie ma możliwości zapoznania się ze szczegółami realizacyjnymi, zastosowanymi przez Autorkę metodami poprawnego projektowania, walidacji, symulacji funkcjonalnej i czasowej

oraz osiągniętymi parametrami roboczymi. W tym kontekście w pracy brakuje albo właściwych dodatków albo dokumentacji projektowych zamieszczonych na płycie CD. Na podstawie przedstawionych w pracy wyników eksperymentalnych można jedynie pośrednio wnioskować o prawidłowo przyjętej metodyce realizacji.

W tekście rozprawy znalazły się drobne błędy edycyjne:

- dwie pierwsze tabele (str. 25 i 26) nie są numerowane konsekwentnie – brakuje poprzedzającego numeru rozdziału,
 - liczne akronimy nie są rozwinięte przy pierwszym ich użyciu lub w ogóle. np.: ASIC, CSA, DAC, FWHM, I/O, LSB, OEM, OS, RT, RTOS,
 - akronimy MS/s, DLS, OER nie zostały użyte w tekście rozprawy,
 - akronimu „fps” użyto w streszczeniu przed jego rozwinięciem w tekście pracy,
 - na wielu rysunkach brakuje uszczegółowienia jednostek lub wielkości na osiach, np. dla rys.: 2.5, 4.9, 4.10, 5.1, 5.4, także w tabl. 4.1,
 - na rys. 4.2 powinno być TRIM DAC L i TRIM DAC H, a jest dwukrotnie TRIM DAC L.
- Przedstawione wyżej uwagi nie wpływają na merytoryczną wartość pracy i nie zmieniają mojej pozytywnej oceny rozprawy.

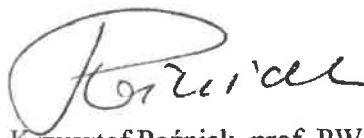
7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

W wyniku opracowanych przez Autorkę nowych metod pracy hybrydowego detektora pikselowego UFXC zostały uzyskane praktyczne rezultaty w postaci nowatorskich konstrukcji systemów pomiarowych służących do bardzo szybkich, wydajnych i precyzyjnych pomiarów pojedynczych fotonów promieniowania X, przeznaczonych do zastosowania w najnowocześniejszych synchrotronach do prowadzenia zaawansowanych badań w takich dziedzinach jak fizyka, chemia czy biologia. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt praktycznego wdrożenia systemów do eksperymentów w których panują bardzo trudne warunki eksploatacyjne. Świadczy to o szczególnie wysokich umiejętnościach inżynierskich pani mgr inż. Anny Koziół. Zaproponowane ponadto rozwiązania konstrukcyjne o charakterze systemowym umożliwiają efektywne przyszłe dostosowanie systemu pomiarowego do innych rodzajów detektorów promieniowania.

Z powyższych powodów rozwój metod i konstrukcji w tym zakresie ma bardzo duże znaczenie, zarówno dla rozwoju eksperymentów synchrotronowych jak i dla tych dziedzin nauki, które z tych eksperymentów czerpią. Biorąc to pod uwagę, należy ocenić przydatność uzyskanych rozwiązań jako zdecydowanie zadowalające i perspektywiczne.

Podsumowanie

Podsumowując przedstawianą opinię stwierdzam ostatecznie, że praca pani mgr inż. Anny Koziół pt. "*Development of high-speed hybrid pixel detectors for experiments with synchrotron radiation*" **spełnia wymagania z wyraźnym nadmiarem** przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej ustawie o stopniach naukowych i o tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Dlatego, **stawiam wniosek o przyjęcie tej pracy jako rozprawy doktorskiej i o dopuszczenie Autorki do jej publicznej obrony.**



dr hab. inż. Krzysztof Poźniak, prof. PW