

WPLYNEŁO

dn.....2023 -11- 27.....

Łódź, 16 listopada 2023

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

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
mgr Dominika Sikory  
„Precise Drift Stabilization in RF Phase Reference  
Distribution Systems of Particle Accelerators”**

Praca doktorska przedstawiona przez mgra Dominika Sikorę została wykonana na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Czuby 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)?**

W Streszczeniu Autor przedstawia główne założenia pracy doktorskiej.

*„Niniejsza rozprawa doktorska poświęcona jest opracowaniu i wdrożeniu w pełni aktywnych metod kompensacji dryftów dla systemów dystrybucji sygnałów referencyjnych dla akceleratorów E-XFEL i ESS”.*

W rozdziałach 1-3 Autor przedstawia **Introduction, Theoretical background** oraz **Phase reference distribution methods**. Następnie Autor pisze:

*W kolejnych rozdziałach przedstawiono rozwój nowatorskiej architektury łącza interferometrycznego dla akceleratora E-XFEL. Opisano eksperymenty oraz demonstrację redukcji dryftów fazy do poziomu 200 razy dla sygnału o częstotliwości 1.3 GHz, w przewodzie o długości kilkuset metrów. Następnie opracowano nowatorską koncepcję łącza pracującego jednocześnie na dwóch częstościach 352 MHz i 704 MHz. Wykazano stałość fazy sygnałów na poziomie 0.22 stopnia (maksymalne odchylenie) i zainstalowano łącze w obiekcie ESS w Lund. W końcowej części pracy przeprowadzono dyskusję wyników.*

Opis realizacji pracy doktorskiej sformułowany jest nieprecyzyjnie. Użyta forma nieosobowa czasownika (formy podkreślone) **nie mówi nam, kto jest wykonawcą czynnością**. Tak przyjęta konwencja stawia Autora w niezręcznej sytuacji, gdyż może zasiać wątpliwości, co do autorstwa prezentowanych opracowań. Nieosobowe określenie nie podkreśla zasługi autora rozprawy doktorskiej.

W rozdziale 1.4 Thesis Goals, Autor przedstawia główne cele prezentowanej pracy:

*„The primary goal of the thesis is to develop active phase drift stabilization method for the Phase Reference Distribution System of particle accelerator suited to suppress drifts in coaxial cables at least an order of magnitude”.*

*The second goal of this thesis is to develop method of automated adjustment and monitoring, allowing the system to operate without manual assistance and providing the operator full information on the system state”.*

Tutaj cele sformułowane są bardzo precyzyjnie i klarownie. Praca ma charakter doświadczalny.

Przyjęcie konwencji stosowania form nieosobowych czasownika wydaje się niezbyt szczęśliwe, gdyż usuwa w cień osobę Autora, która wnosi olbrzymi wkład intelektualny w rozwiązywane problemy. Taka konwencja stosowana w większości prac naukowych nie wydaje się adekwatna do dysertacji doktorskiej, w której *explicite* należałoby podkreślić wkład Doktoranta do swojej pracy, aby usunąć jakiegokolwiek wątpliwości, co do Jego wkładu w tą pracę.

**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?**

**Tak.** Praca zawiera precyzyjne wyjaśnienia i odnośniki do literatury – 125 pozycji, w większości prace w renomowanych czasopismach o zasięgu światowym. Dodatkowo Autor przytacza 34 publikacje, w których jest współautorem.

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 1-3 Autor opisuje bardzo wiele procesów natury fizycznej, technicznej czy logistycznej bogato ilustrując opisywane procesy odnośnikami do literatury.

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

**Tak.** Autor w rozdziale 4. przedstawia założenia i proponowane rozwiązania:

*“It was assumed that the concept presented by Fermilab has the potential to fulfill the E-XFEL requirements, but development is necessary to reduce the issues mentioned above. It became one of the main topics of this thesis. A new concept of the interferometric compensation method was developed to provide a fast and fully automated link setup procedure. Additionally, online monitoring of link parameters was implemented to provide more control by operators and, thus, more reliable operations”.*

Autor przeanalizował istniejące rozwiązanie stosowane w Fermilabie i doszedł do wniosku, że bezpośrednia implementacja w systemie E-XFEL wymaga jednak optymalizacji. Świadczy to o bardzo krytycznym podejściu Autora do rozwiązań stosowanych w bardzo uznanych ośrodkach naukowych i doskonałej znajomości tematu. Często spotyka się bezkrytyczne powielanie istniejących rozwiązań, nieadekwatnych do stosowania w nowej aparaturze badawczej. Analiza istniejącego rozwiązania i propozycje optymalizacji dobitnie świadczą, że przyjęte założenia są w pełni uzasadnione, a propozycje optymalizacyjne i uzyskane rezultaty potwierdzają, że Autor użył właściwej metody w swoich badaniach i rozwiązał postawione zagadnienia.

**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?**

Praca dyplomowa poświęcona jest opracowaniu metody aktywnej stabilizacji fazy dla systemu dystrybucji fazy referencyjnej w europejskich akceleratorach XFEL i ESS, gdzie autor dysertacji pracował w zespołach zajmujących się rozwojem sprzętu RF. Opracowane metody zastosowano do tłumienia dryftów fazowych sygnałów odniesienia, o co najmniej

rzęd wielkości w długim czasie (godziny, dni) i na odległość do kilkuset metrów. Istotną częścią prezentowanych rozwiązań jest wdrożenie zautomatyzowanych systemów kontroli i monitorowania, co pozwala na pracę systemu bez ręcznej pomocy i dostarcza pełną informację on-line o stanie i działaniu systemu.

Oryginalność rozprawy polega na:

- Praktycznej implementacji metody kompensacji w interferometrii o częstotliwościach radiowych w systemie dystrybucji fazy referencyjnej w europejskim akceleratorze XFEL,
- Zaprezentowaniu architektury PRDS (Phase Reference Distribution System) obejmującej współosiową dystrybucję pasywną współdziałającą z najnowocześniejszym systemem synchronizacji optycznej ze stabilną fazą.
- Zaplanowaniu rozszerzenia sprzętu RF w celu automatycznego tłumienia dryftów fazowych w kablach koncentrycznych oraz poprawy wydajności i niezawodności systemu.
- Uzyskaniu współczynnika tłumienia przewyższającego wartość 200 przy częstotliwości 1 300 MHz podczas 80-godzinnych pomiarów,
- Osiągnięciu redukcji dryftu z 10.3 ps do 50 fs przy pełnej automatyzacji systemu. Wg autora dysertacji jest to pierwszy tego typu wynik zaprezentowany na łączach synchronizacyjnych RF.
- Implementacji aktywnego systemu kompensacji w akceleratorze ESS dla dwóch częstości jednocześnie 352 MHz i 704 MHz.
- Osiągnięciu redukcji dryftu z 18.1 ps do 0.71 ps i 0.87 ps dla częstości odpowiednio 352 MHz i 704 MHz. Bez zauważalnej degradacji resztkowego szumu fazowego. Wg autora dysertacji jest to znakomity rezultat, biorąc pod uwagę złożoność systemu. Jest to też pierwszy system całkowicie spełniający wymagania ESS.
- Implementacji systemu w akceleratorze ESS i bezawaryjnej pracy od 2021 r.

Doktorant w oparciu o analizę dostępnej wiedzy, zdobyte doświadczenie i właściwą interpretację wyników dostarczył niezwykle silne narzędzie diagnostyczne o olbrzymich walorach praktycznych umożliwiającą optymalizację sygnałów referencyjnych w skomplikowanych systemach akceleratorowych.

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

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

Autor przedstawia skrótowo aktualny stan wiedzy, systemy dystrybucji zegara o różnych architekturach w bardzo wielu systemach akceleratorowych.

Rozdziały 4 i 5 prezentujące osiągnięcia Autora ilustrowane są wykresami i zdjęciami aparatury wykonanej na potrzeby E-XFEL i ESS. Wyniki są przedstawione w sposób zwarty i przejrzysty.

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

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

Praca jest napisana bardzo skrupulatnie, zwięźle i bez zbędnych dywagacji. Nie znalazłem żadnego elementu rozprawy, który byłby w jakikolwiek sposób kontrowersyjny, oprócz wzmiankowanej na wstępie nieosobowej formy czasowników, ale ten aspekt wynika z przyjętej konwencji pracy.

## 7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Optymalizacja transmisji sygnałów zegarowych na dalekie odległości przy wielokrotnych rozszczepieniach jest potężnym wyzwaniem dla konstruktorów systemów akceleratorowych. 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 akceleratorowej, gdy priorytetem jest niezawodność.

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, tricky nieopublikowane, a które to, często niedoceniane szczegóły, są fundamentem know-how.

## 8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a) Niespełniająca 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 mgra Dominika Sikory „**Precise Drift Stabilization in RF Phase Reference Distribution Systems of Particle Accelerators**” 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.**

dr hab. Zbigniew Szadkowski prof. nadzw. UŁ

