

Łódź, 20 października 2023

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

WPLYNĘŁO
2023 -10- 30
dn.....

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr Igora Rutkowskiego
„Selected Methods of Improving Precision of Superconducting
Linear Particle Accelerators Control Systems”**

Praca doktorska przedstawiona przez mgra Igora Rutkowskiego została wykonana w Instytucie Systemów Elektronicznych 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 rozdziale I (Chapter 1) Autor przedstawia krótki wstęp dotyczący charakteru pracy (**1.1 Particle accelerators and electromagnetic field control system**), motywację zajęcia się tym tematem (**1.2 Motivation**) i formułuje cele i strukturę pracy (**1.3 Goals and structure of the thesis**).

Jednakże, cele pracy i rezultaty zostały przedstawione w sposób niezbyt szczęśliwy:

- a) The thesis **reports** research... - nie ma odniesienia do wkładu autora,
- b) The sources of distortions and schemes of detecting... **are investigated**. – użyta strona bierna, znowu nie ma odniesienia, kto przeprowadził badania.
- c) Based on the literature review and simulations of a closed-loop systems,..., using passive and active radio frequency mixers **were determined** as the main areas of research – znowu użyta strona bierna, która nie podkreśla, kto dokonał takiego wyboru zakresu badań.
- d) A new real-time beam-loading compensation architecture **was proposed**. – nieosobowe określenie nie podkreśla zasługi autora rozprawy doktorskiej.
- e) The new implementation **was focused**...
- f) **Verification of the performance of the new architecture in terms of step response optimization in CW single-cavity LLRF system was the first goal of the thesis.** – tutaj, jest odniesienie wyraźne do pracy doktorskiej.
- g) **The second goal was to establish experimentally a dependency between the power level of signals at the mixer input and the phase noise at its output.** – tutaj również cel jest wyraźnie sformułowany.
- h) **As the last goal a new method of qualifying the residual phase noise in electronic components (Chapter 5) was introduced and tested.** – strona bierna.

Przyjęcie konwencji stosowania strony biernej 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.

Praca ma charakter doświadczalny.

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 – 81 pozycji, w większości prace w renomowanych czasopismach o zasięgu światowym: 32 odnośników do publikacji konferencyjnych oraz 18 publikacji IEEE oraz 5 prac doktorskich (PhD).

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 2-5 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 rozwiązał postawione zagadnienie i użył właściwej do tego metody w analizie systemów LLRF regulujące nadprzewodnikowe moduły akceleracyjne o wąskiej fali stojącej pracujące w trybie fali ciągłej, jako rezonatory napędzane generatorem. Analiza bardzo złożonych systemów akceleratorowych stanowi zawsze wyzwanie. Przedstawiona przez Autora metodologia statyczne i dynamiczne modelowanie złożonych systemów. Autor wprowadza Czytelnika w praktyczną metodologię implementacji, porównuje modele klasyczne z relatywnie prostymi i bardziej skomplikowanymi systemami analizy szumu. Autor położył nacisk na źródła zniekształceń i schematy detekcji sygnałów analogowych, ponieważ symulacje pętli wykazały, że należy poprawić stabilność pola przyspieszającego poprzez jednoczesną optymalizację odpowiedzi skokowej i szumu czujnika

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

- Wprowadzeniu zaawansowanej metodologii modelowania złożonych systemów analizy szumu w skomplikowanych układach akceleratorowych,
- Autor wybrał technikę kompensacji wiązki w czasie rzeczywistym, jako najlepsze rozwiązanie do poprawy odpowiedzi systemu.
- Wcześniej opublikowane wyniki skupiały się na redukcji rozprzestrzeniania się energii wiązki i nigdy nie wykazały odpowiedzi skokowej

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

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

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

Autor przedstawia skrótowo aktualny stan wiedzy, opisuje układy mieszaczy, układy PLL, systemy syntezy częstotści itd.

Jedynе stanowisko testowe, do którego miał dostęp autor, wykorzystuje integrujący czujnik transformatora prądowego, o słabym współczynniku SNR (Signal to Noise Ratio). Nawet w niesprzyjających warunkach reakcja skokowa była znacznie lepsza niż bez BLC, **spełniając pierwszy cel tej pracy.**

Drugim osiągniętym celem było eksperymentalne scharakteryzowanie zależności pomiędzy poziomami mocy sygnałów na wejściu miksera a szumem fazowym na jego wyjściu.

Wielu inżynierów RF zakłada, że skoro zwiększenie sygnału wyjściowego na wejściu miksera zwiększa SNR, zwiększenie mocy sygnału poprawi również szum fazowy w każdych warunkach. Jednakże dostępna literatura na temat diody Schottky'ego wskazuje na nieliniową i niemonotoniczną zależność pomiędzy prądem diody a szumem 1/f. Zakładając, że szum ten będzie ulegał konwersji w górę w przypadku zastosowania diody, jako mieszacza pasywnego, sformułowano następującą hipotezę (the following hypothesis was formulated): „w mikserze pasywnym pracującym jako odbiornik superheterodynowy poziom mocy sygnałów wejściowych wpływa na szum fazy resztkowej 1/f sygnału wyjściowego w sposób nieliniowy i niemonotoniczny”. Uzyskane wyniki eksperymentów potwierdziły postawioną hipotezę i były sprzeczne z heurystyką. Ostatecznym wnioskiem z obu jest utrzymywanie mocy wejściowej blisko poziomu maksymalnego, aby zminimalizować szum pasywnego miksera konwertującego w górę, ale zachowanie szumu fazowego poniżej maksymalnego poziomu mocy jest inne.

Można domniemywać, że to Autor dysertacji sformułował powyższą hipotezę. Jednakże, nie jest to w pracy napisane explicite.

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. Z czystego obowiązku redakcyjnego wymienię tylko dwukrotny brak spacji między słowem, a numerem cytowania. Przydałby się również wykaz stosownych skrótów i akronimów.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Modelowanie sygnałów zakłócających, szumów i innych zjawisk nieperiodycznych jest bardzo ważnym zagadnieniem w projektowaniu systemów pomiarowych. 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 zagadnienia, 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 Igora Rutkowskiego „**Selected Methods of Improving Precision of Superconducting Linear Particle Accelerators Control Systems**” 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

