

wpłynęło dnia 01.03.25

nr zał. Kraków dnia 01.03.2025

Dr hab. inż. Konstanty Marszałek

Instytut Elektroniki WIEiT

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica

Al. Mickiewicza 30

30-059 Kraków

marszale@agh.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Sobczaka pt. Przemysłowy detektor nieszczelności bazujący na spektrometrze masowym

Recenzja została wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne dr hab. inż. Adama Gałuszki prof. PŚ (RDATEETK.512.2.2025)

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Rozprawa została przygotowana w Firmie Prevac Sp z o.o. w Rogowie pod kierunkiem promotorki Pani prof. dr hab. inż. Moniki Kwoki oraz opiekuna przemysłowego Pana dr inż. Andreasa Glenza. Rozprawa na 84 stronach zawiera 56 rysunków, 3 tabele i 3 wzory. Składa się z 6 rozdziałów, podsumowania i 2 załączników. W rozdziale pierwszym pracy opisano motywacje do podjęcia tematu oraz przedstawiono tezę pracy. W rozdziałach 2 i 3 opisano aktualny stan wiedzy oraz przedstawiono cel i zakres prac własnych.. Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały 4, 5, 6, w których opisano projekt i wykonanie detektora nacieku, badania jego parametrów i charakterystyk pomiarowych oraz proces wdrożenia do produkcji przemysłowej. W rozdziale 7 przedstawiono podsumowanie i dyskusję wyników, głównie dokonanych testów oraz obszary jego zastosowań w różnych gałęziach przemysłu.

Układ i zawartość rozprawy doktorskiej uznaję za poprawne i oceniam je pozytywnie.

Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Zawartość bibliografii prezentowanej pracy autor zamieścił jedynie 14 pozycji. 5 z nich to artykuły z czasopism naukowych jak Vacuum czy Rev.of Sci Instruments ale pozostałe to podręczniki, opisy techniczne czy strony internetowe producentów detektorów. Prezentowana praca jest oceniana pod kątem przeprowadzonych badań naukowych wdrożonych do praktyki przemysłowej zatem autor powinien załączyć przegląd przynajmniej dla tych elementów, które zmodyfikował jak spektrometr masowy, układy detekcyjne bardzo małych prądów lub rodzaju badań jakie przeprowadził. Zalecam takie rozwiązanie ponieważ w dalszej pracy w najlepszej polskiej firmie próżniowej jaką jest PREVAC będzie musiał konkurować ze wszystkimi europejskimi i światowymi producentami detektorów nieszczelności zatem stan wiedzy na temat kluczowych elementów urządzenia bardzo mu się przyda. Autor nie zamieścił żadnych prac, których jest autorem. Nie wiem czy wynika to z faktu, że jeszcze niczego nie opublikował czy też, że zgłoszone prace jeszcze się nie ukazały. Reasumując: zastosowane piśmiennictwo uważam za bardzo skromne jak na pracę doktorską i zalecam poszerzenie wiedzy doktoranta przynajmie o te elementy, które wymieniłem powyżej.

Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

W rozdziale 1 przedstawiono szeroką motywację podjętego tematu a w szczególności jego możliwości aplikacyjnych w przypadku sukcesu tj. opracowania i zrealizowania pierwszego detektora nieszczelności produkowanego w polskim zakładzie produkcyjnym. Argumenty za wykonaniem polskiej wersji detektora nieszczelności i opis cech jakie powinien posiadać zostały szeroko omówione w rozdziale pierwszym tj. Motywacja podjęcia tematu oraz teza pracy. Przedstawiona teza pracy doktorskiej powinna się raczej odnosić do przeprowadzonych badań naukowych i ich zastosowania w praktyce przemysłowej czego pracy doktorskiej wymaga ustawa. Zwracam uwagę na formalne rozróżnienie pomiędzy pracą naukową a dokumentacją techniczną nowego urządzenia co powinno znaleźć swoje odbicie w sformułowanej tezie pracy. Fortunnie doktorant w kolejnych rozdziałach przedstawił przeprowadzone badania i ich zastosowanie do konstrukcji urządzenia. Pozytywnie oceniam sformułowanie szczegółowo opisanej motywacji i celu jakim kierował się doktorant .

Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

W rozdziałach 4 i 5 przedstawiono szereg badań oraz analizę ich wyników. Jednym z nich była analiza procesów jonizacji atomów He i ich separacja w polu magnetycznym separatora jonów.

Problem nie jest trywialny ponieważ prądy jonowe są na poziomie 10^{-15} A co stwarza poważne problemy pomiarowe celem rozróżnienia wartości tych prądów dla różnych wartości nacieku.

Dodatkowym utrudnieniem jest relatywnie niewielka wartość pola magnetycznego. Autor przeprowadził badania (w tym badania symulacyjne torów jonów He^+ w polu magnetycznym) i uzyskał rezultaty wystarczające do ich zastosowania w praktyce przemysłowej. Kolejną poważną barierą jest pomiar wartości tak małych prądów a w szczególności rozróżnienie stanów prądowych przy różnych wartościach nacieku. Zaproponowana konfiguracja toru pomiarowego spełniła stawiane jej wymagania co uważam za poważne osiągnięcie doktoranta.

W szczególnych aplikacjach detektora wymagane może być użycie innego gazu testowego jakim jest H_2 . Przeprowadzenie badań analogicznych jak dla helu znacząco rozszerzyło zakres prac zawartych w pracy doktorskiej. Ostatnim elementem badawczym było opracowanie adekwatnych interfejsów pozwalających na integrację detektora z różnymi urządzeniami przemysłowymi pracującymi w reżimie przemysłu 4.0.

Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Omówienie wyników badań składa się z dwóch części. Pierwsza to opis konstrukcji i sterowania wykonanego urządzenia detekcyjnego, którego częścią immanentną jest tor pomiaru nacieków w badanych obiektach. Druga część to porównanie wyników badań tego urządzenia dla różnych gazów testowych (He i H_2), różnych wielkości nacieków i różnej dynamiki pomiarowej wynikającej z charakteru badanego urządzenia. W pierwszej części doktorant przedstawił problemy oraz sposób ich rozwiązania dla podstawowych elementów jakimi są jonizator gazu, separator magnetyczny i tor pomiaru prądu jonowego. W części pomiarowej opisał sposób realizacji pomiarów różnych nacieków i porównanie wyników z pomiarami urządzeniem referencyjnym, którym był detektor PHOENIX Quadro firmy Leybold. Badania były przeprowadzone na wzorcu nacieku o wartości $5 \cdot 10^{-9}$ mbar*l/s z możliwością jego regulacji. Przeprowadzone badania wykazały podobne wskazania dla określonych wartości nacieków. Różnice we wskazaniach stanowiły podstawę do zmian konstrukcyjnych. Uzyskano zgodność wskazań obu detektorów do wartości $1 \cdot 10^{-8}$ mbar*l/s co jest wystarczającą wartością dla większości zastosowań przemysłowych.

Przeprowadzone badania zostały przetestowane, zweryfikowane i ostatecznie wdrożone do zastosowania przemysłowego jakim jest detektor GLD10.

Informacje dotyczące praktycznego zastosowania wyników badań

Praktyczne zastosowanie wyników badań stanowi najmocniejszą stronę prezentowanej pracy. Opisane w rozdziale 6 i częściowo w 7 aspekty wdrożeniowe stawiają pracę wysoko w rankingu prac wdrożeniowych. Dodatkowym plusem jest to, że praca przedstawia sytuację, jak się domyślam, z połowy roku 2024 a mamy już marzec 2025 i firma PREVAC na swojej stronie proponuje dostawę urządzenia o którym mowa w doktoracie. Prace nad urządzeniem trwały jak domniemam przez 4 lata szkoły doktorskiej a wynik już w postaci gotowego urządzenia znajduje się na rynku i według doktora pracuje w kilku zakładach motoryzacyjnych. Nie można nie zauważyć, że nie jest to prosty wyrób mechaniczny ale złożone urządzenie pomiarowe przygotowane do pracy w nowej rzeczywistości 4.0 i mogące konkurować z detektorami największych firm próżniowych na świecie. Nie sposób nie docenić, szczególnie w polskiej rzeczywistości jaki dużym sukcesem jest opisywany przypadek. Jako recenzent przedstawionej pracy dostrzegam jej osiągnięcia i zalety ale też występujące braki, które przedstawiam poniżej.

Informacje o nieprawidłowościach w ocenianej rozprawie

Przedstawiona do oceny rozprawa jest edytorsko poprawna niemniej wymaga kilku korekt.

Przedstawiona do recenzji praca jest napisana w języku polskim zatem autor powinien stosować się do zasad gramatycznych języka.

- Pierwsza złamana reguła pojawia się już w podziękowaniach (str. 2). Nazwiska i imiona w języku polskim się deklinują zatem podziękowania dla Moniki Kwoki a nie Monika Kwoka itd.
- Następne to str. 10 wiersz 4 od dołu
Układ rejestracji wid, oraz akwizycji uzyskanych informacji (czegoś tu brakuje?). Zakładam, że to literówka i proszę o poprawę lub wyjaśnienie.
- Str.19 wiersz 12 od dołu.; zdanie na 7 liniijek z powtarzającym się ad hoc „ponieważ” bez związku z gramatyką i sensem.

- Str.23 wiersz 9 od dołu; ...”są jednak stosunkowo mało rozpowszechnione popularne w Europie.” (czegoś tu brakuje?)
- Str. 25 wiersz 5 od góry; ..Własnego oryginalnego... (albo i albo przecinek)
- Str. 33 wiersz 7 od dołu; brak końca zdania
- Str.78 wiersz 13 od dołu; autor używa pojęć weryfikacja i kalibracja jako synonimów. W technice to dwa różne procesy prowadzone w różnych celach, a czasem zupełnie odmiennymi sposobami.

Przejdę teraz do poważniejszych usterek.

- Brak oznaczeń jednostek na osi poziomej (rysunku 5.5, 5.2, 5.3, 5.4, 5.11, 5.12, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 6.4)
- Brak opisu osi poziomej i znacznika jednostek (rysunki 5.5, 5.6, 5.7, 5.20)
- Brak opisu osi (rysunki 5.13, 5.14, 5.15, 5.21)
- Zrzuty ekranu są wymiarów uniemożliwiających odczyt tekstów i liczb na rysunkach 5.8 i 5.10.

Na stronach 33 i 34 jest kilka zdań o pomiarze prądu 10^{-15} A, co technicznie nie jest prostym pomiarem. Bardzo proszę o szczegółowe wyjaśnienie w trakcie obrony metody pomiaru i niepewności pomiarowej na tym poziomie prądów. Jak również rodzaju użytego przetwornika czy konwertera prąd-napięcie i jakiej klasy przetworniki ADC i DAC zostały użyte w torze pomiarowym.

Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Podjęta w rozprawie problematyka budowy nowej konstrukcji detektora nacieku z separatorem magnetycznym jest ambitnym zadaniem badawczym i konstrukcyjnym. Poważną trudnością jest fakt istnienia producentów o światowym zasięgu i należy się liczyć z poważną konkurencją posiadającą od lat patenty i know-how w tym zakresie. Stworzenie konkurencyjnej konstrukcji o podobnym zakresie pomiarowym jest nie tylko wyzwaniem konstrukcyjnym ale i badawczym. Należało w trakcie budowy złożonego urządzenia jakim jest detektor nieszczelności badać zachowanie i charakterystyki tworzonej konstrukcji i dokonywać niezbędnych modyfikacji szczególnie w elementach kluczowych dla działania detektora. A są to jonizator, separator magnetyczny i tor pomiaru prądów jonowych na poziomie 10^{-15} A.

Doktorant wykonał badania wydajności pracy źródła jonów w aspekcie jego aplikacji w magnetycznym spektrometrze masowym opracowanego przemysłowego detektora nieszczelności GLD10.

Następnie przebadął separator jonów, który zapewnił bardziej precyzyjne rozdzielanie jonów He od innych gazów w celu redukcji interferencji i zakłóceń w rejestrowanych widmach masowych. Kolejnym krokiem było opracowanie i przebadanie precyzyjnego pomiaru prądu jonowego na poziomie 10^{-15} A. Przebadął możliwość użycia detektora z innym gazem testowym niż He w opracowanym przemysłowym detektorze nieszczelności GLD10, tzn. wodorem cząsteczkowym (H_2) i mieszaniną wodoru z azotem. Dokonał również analizy wpływu napięcia anody i katody na liczbę generowanych jonów He (gęstość prądu jonowego) oraz wpływu wartości prądu katody i samego napięcia przyspieszającego na ten parametr. Oryginalność konstrukcji i badań systemu nie została potwierdzona publikacjami w czasopiśmie o zasięgu krajowym czy międzynarodowym i prezentacjach na konferencjach krajowych i zagranicznych, jak również zgłoszeniem patentowym. Zgodnie z deklaracją doktoranta część konstrukcji elementu pomiaru prądu nie może zostać oceniona ponieważ jak zadeklarował doktorant jest objęta tajemnicą firmy PREVAC (str. 34 wiersz 13 od dołu)

Ocena ogólnej wiedzy kandydata w dyscyplinie oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Przedstawiona do oceny praca doktorska zawiera szereg komponentów z kilku dziedzin wiedzy jak automatyka, elektronika czy fizyka. Autor wykonał dużą pracę konstrukcyjną i pomiarową używając szeregu technik badawczych jak również dokonując analizy i interpretacji otrzymanych wyników. Wykazał się też dużą, praktyczną wiedzą inżynierską, dzięki której powstało unikalne w skali kraju urządzenie pomiarowe. Na podstawie przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej stwierdzam, że wiedza ogólna mgr inż. Pawła Sobczaka w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika i technologie kosmiczne jest wysoka a zdobyte w trakcie jej realizacji doświadczenie pozwoli mu na samodzielne prowadzenie zarówno prac badawczych jak i rozwoju opracowanej konstrukcji.

Podsumowanie

Przedstawione w pracy wyniki badań naukowych i opracowany w ramach realizacji niniejszego doktoratu przemysłowy detektor nieszczelności GLD10, który został wdrożony do produkcji w firmie PREVAC (dane z lutego 2025) stanowią niewątpliwie wzorcowy przykład współpracy Politechniki Śląskiej i przemysłu.

Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską mgr inż. Pawła Sobczaka pt. *Przemysłowy detektor nieszczelności bazujący na spektrometrze masowym* oceniam pozytywnie i stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn.zm.). W związku z powyższym **wniosuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Kraków dnia 01 marca 2025

Konstanty Marszałek