

Warszawa, 15.12.2020 r.

dr hab. inż. Jacek Paś, prof. WAT

Wojskowa Akademia Techniczna
Wydział Elektroniki
Instytut Systemów Elektronicznych

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Emila Sadowskiego pt.:

„Wpływ wybranych czynników środowiskowych na funkcjonowanie układów sterowania ruchem kolejowym”

Promotor: **dr hab. inż. Roman Pniewski, prof. nadzw.**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Rafał Kowalik**

1. Informacje ogólne

Recenzja została opracowana zgodnie z Uchwałą Nr 000-8/6/2020 Senatu Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego im. Kazimierza Puławskiego w Radomiu z dn. 08 października 2020 roku. Pismo Rektora Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego, Radom z dn. 23.11.2020 r., PK – 042/50/59-1/dr-r/2020. Recenzja opracowana na podstawie dostarczonej rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Emila Sadowskiego, którą przedstawiono do recenzji, to zwarte opracowanie liczące łącznie 156 stron, wraz ze spisem literatury w liczbie 164 pozycji. W rozprawie umieszczono spis treści (str. 2, 3) oraz spis rysunków obejmujący też wykresy i schematy w łącznej liczbie równej 88 (str. 146 – 148).

Praca została podzielona na 6 rozdziałów, obejmując na początku część wstępną, a w końcowej części podsumowanie, wnioski (str. 141 - 145) wraz z potwierdzeniem realizacji celu i tezy rozprawy, opisem efektów wdrożenia opracowanej metody stabilizacji temperatury i zakresem dalszych prac badawczych (str. 145). Praca nie posiada streszczenia w języku polskim i angielskim.

Rozprawa doktorska dotyczy innowacyjnych metod stabilizacji temperatury z wykorzystaniem ogniw Peltiera w dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Instrukcja użytkowania systemów sterowania ruchem kolejowym Ie – 100a pt. „Warunki bezpiecznej instalacji i eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym na liniach zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S. A.” wyszczególnia zakres temperatury otoczenia i wilgotności powietrza w którym te obiekty techniczne winny być użytkowane. Zakres temperatury użytkowania jest bardzo szeroki i zawiera się od -40°C do $+70^{\circ}\text{C}$. W takim dużym zakresie zmian temperatury i wilgotności powietrza, szczególnie niebezpieczne są także gwałtowne

zmiany „skoki – tzw. szoki” temperatur w krótkich odcinkach czasu eksploatacji systemu sterowania ruchem kolejowym (np. godziny, minuty). Zmiany temperatury powodują zmiany punktów pracy elementów elektronicznych szczególnie czynnych: tranzystory, zmiana: I_C , U_{CE} , I_{CB0} , U_{BE} , β - w tym także parametry macierzowe $h_{11} \div h_{22}$, układów cyfrowych i całych urządzeń i systemów elektronicznych. W układach analogowych stosujemy liniowe i nieliniowe metody stabilizacji punktu pracy elementów aktywnych dla wybranych elementów czy układów, jednak nie dla całych dużych systemów elektronicznych zabudowanych w określonej przestrzeni gdzie może wystąpić wewnętrzna różnica temperatur. Szczególnie niebezpieczne dla użytkowania systemów sterowania ruchem kolejowym są szybkie zmiany temperatury, które w układach elektronicznych powodują zmianę punktu pracy elementów czynnych, zmianę wzmocnienia np. wzmacniacza, ale w ostatecznym efekcie mogą prowadzić do przesterowania (nasycenia) sygnałów wyjściowych. W efekcie może to prowadzić do uszkodzenia lub nieprawidłowego funkcjonowania części lub całego zespołu urządzeń elektronicznych. Zmiana temperatury jest bezpośrednią przyczyną zmiany intensywności λ uszkodzeń poszczególnych elementów elektronicznych, a co za tym idzie także niezawodności tych systemów. W ciągu określonego okresu użytkowania następują zmiany temperatury z dodatniej na ujemną lub odwrotnie w dosyć szerokim zakresie. Zjawisko to występuje dla przytorowych systemów sterowania ruchem kolejowym w takich państwach jak Finlandia, Rosja, USA – Alaska, Norwegia, itd. W literaturze dotyczącej procesu eksploatacji systemów elektronicznych, w tym sterowania ruchem kolejowym brak jest opracowań dotyczących określenia tzw. globalnego oddziaływania zmian temperatury na cały obiekt techniczny. Dostępna literatura naukowa i artykuły rozpatrują oddziaływanie tylko temperatury na poszczególne elementy pasywne i aktywne, w tym wybrane układy elektroniczne np. wzmacniacze, generatory, mieszacze, itd. Nie ma opracowań naukowych dotyczących wpływu temperatury z szerokiego zakresu zmian na sygnały wyjściowe np. urządzeń czy też całych systemów elektronicznych.

Praca została napisana starannie i poprawnym technicznie językiem. Strona edycyjna pracy poza drobnymi błędami nie budzi zastrzeżeń. W rozprawie prawidłowo podzielono treść na poszczególne rozdziały i podrozdziały. Praca ma przejrzysty i czytelny układ. Stosowana terminologia naukowa i techniczna nie budzi zastrzeżeń. Zawarte tabele z wynikami badania w komorze dla szybkiego ochładzania czy ogrzewania – odpowiednio tab. 4.2 do 4.3 oraz wykresy z badań symulacji rozkładu temperatury w ogniwie Peltiera (rys. 2.14 do 2.23) właściwie graficznie i liczbowo prezentują otrzymane wyniki pomiarów. Dobrana metoda wpływu zmian temperatury na system sterowania ruchem kolejowym została precyzyjnie opisana i powiązana z odpowiednimi schematami blokowo - funkcjonalnymi stanowiska badawczego (rys. 4.1 – widok i wymiary obudowy zespołu elektroniki przytorowej ESD-52xx, rys. 4.2, 4.3 – opracowaną przez doktoranta metodę sterowania zdalnego dla stanowiska z wykorzystaniem Internetu czy dostępu mobilnego⁰). Budowa stanowiska pomiarowego została przedstawiona w podrozdziale 4.1 – rys. 4.4 (schemat blokowy czujnika temperatury), rys. 4.5 schemat blokowy czujnika ciśnienia czy rys. 4.7 widok opracowanego sterownika do regulacji temperatury z wykorzystaniem ogniwa Peltiera.

Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy dokumentujące dorobek pracy doktorskiej i samodzielność w prowadzeniu – realizacji poszczególnych części badań przez autora

rozprawy. Na to wszystko składają się następujące punkty rozprawy doktorskiej: wykonanie przeglądu i analizy stanu wiedzy w oparciu o artykuły, normy i literaturę dotyczącą stanu zagadnienia, sformułowane cele i teza naukowa rozprawy, badania laboratoryjne ogniw Peltiera z wykorzystaniem opracowanych sterowników i układu, opracowanie własnej metodyki wykonywania pomiarów i rejestracji zmian temperatury, wilgotności i ciśnienia w obudowie z aktywnym chłodzeniem i bez chłodzenia, opis matematyczny, symulacja komputerowa i badanie modelu – (podrozdział 2.9 Badania symulacyjne – wyniki symulacji – rys. 2.14 do 2.26) w oparciu o wybraną aplikację komputerową.

3. Ocena podjętego tematu

Rola urządzeń sterowania ruchem kolejowym w transporcie szynowym jest niezwykle istotna dla bezpieczeństwa ruchu. Konfiguracja i konstrukcja tych systemów ma bezpośredni wpływ na regularność i bezpieczeństwo prowadzonego ruchu kolejowego na szlaku. Zabudowane systemy sterowania ruchem kolejowym poddawane są wymuszeniom sprzyjającym lub niesprzyjającym, to przede wszystkim wpływ naturalnego środowiska, w tym szczególnie temperatury. Obecnie w produkowanych systemach sterowania ruchem kolejowym brak jest jednak rozwiązań technicznych, które w swoim rozwiązaniu do stabilizacji zmian temperatury zewnętrznej i wewnętrznej wykorzystywałyby praktycznie ogniwa Peltiera. Spotyka się zastosowywanie tego typu rozwiązań do celów stabilizacji temperatury np. kamer, elementów optoelektronicznych np. w telewizji dozorowej lub urządzeń pracujących w pojazdach szynowych – np. szafach stacyjnych. Brak jest jednak ogólnodostępnych rozwiązań technicznych, a szczególnie algorytmów projektowania takich złożonych układów (stosów) Peltiera dla urządzeń czy systemów, które zajmują określoną kubaturę - przestrzeń wyrażoną np. w m³.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest opracowanie dotyczące wpływu wybranych czynników środowiskowych na funkcjonowanie układów sterowania ruchem kolejowym. Wdrożenie możliwości efektywnego sterowania temperaturą eksploatacji dla zabudowanego systemu sterowania ruchem kolejowym to bardzo ważny problem. Jest on pośrednio związany z intensywnością λ uszkodzeń poszczególnych składowych elementów elektronicznych, które tworzą cały system sterowania ruchem kolejowym, a bezpośrednio wpływają na zwiększenie niezawodności obiektu technicznego. Niezawodność i właściwe wypracowanie „komend” sterowania przez system sterowania ruchem kolejowym determinują między innymi warunki prowadzonego ruchu na szlaku kolejowym, tj. regularność biegu pociągów, a szczególnie bezpieczeństwo prowadzenia dla coraz większych prędkości poruszania się na torach.

Przedstawiona dysertacja obejmuje kilka dziedzin techniki: elektronikę, elektrotechnikę, automatykę, modelowanie przepływu ciepła w różnych modułach – np. termoelektrycznym, niezawodność i bezpieczeństwo systemów. Do analizy i oceny w pracy doktorskiej wybrano podstawowe zagadnienia, które dotyczą problemów związanych z realizacją dysertacji: dobór odpowiednich parametrów cieplnych modelu matematycznego opisującego ogniwo Peltiera, badania symulacyjne przeprowadzone w oparciu o model matematyczny, opracowanie stanowiska badawczego i wykonanie pomiarów środowiskowych w obudowie z aktywnym chłodzeniem i bez chłodzenia (pomiar zmian temperatury, wilgotności i ciśnienia), określenie niezawodności systemów sterowania ruchem kolejowym – szafy tego obiektu z urządzeniami

elektronicznymi, rzeczywiste badania funkcji średniego czasu do wystąpienia awarii MTTF, ocenę prawdopodobieństwa uszkodzenia układów związanych z bezpieczeństwem użytkowania systemu. Ostatnim problemem poruszonym w dysertacji jest weryfikacja opracowanego programu i porównanie (analiza) otrzymanych wyników obliczeń. W prowadzonych analizach sformułowano właściwe założenia do rozprawy doktorskiej oraz ograniczenia stosowalności dla przyjętych metod i rozwiązań. Zdefiniowano także obszary, dla których wskazane jest podjęcie odpowiednich prac normatywnych w związku z wprowadzeniem nowych rozwiązań technicznych w systemie sterowania ruchem kolejowym.

Implementacja opracowanej metody stabilizacji temperatury w systemach sterowania ruchem kolejowym oraz metody sterowania i kontroli w tych obiektach technicznych to temat nowatorski i niezwykle użyteczny ze względu na oczekiwane efekty wdrożeniowe. Biorąc pod uwagę powyższe, uważam, że wybór tematu rozprawy jest bardzo aktualny i istotny dla procesów sterowania ruchem kolejowym. Dobór tematyki i zawartość pracy mają charakter ściśle użyteczny.

4. Analiza treści rozprawy

Zdefiniowanym celem rozprawy przedstawionej do recenzji jest opracowanie metody oceny wpływu wybranych czynników środowiskowych na funkcjonowanie układów sterowania ruchem kolejowym. Wynikiem analizy możliwości zastosowania metody stabilizacji temperatury w zabudowanych szafach systemów sterowania ruchem kolejowym za pomocą ogniwa Peltiera było przeprowadzenie niezbędnych analiz implementacji zastosowania praktycznego tej metody. Cel pracy został ściśle określony i jest precyzyjny, zawiera zamiar do którego dążył doktorant realizując całą rozprawę. Doktorant określił także metody i środki, z jakich będzie korzystał podczas realizacji całej rozprawy.

W powiązaniu z celem pracy doktorant sformułował następującą tezę naukową rozprawy: ***Możliwe jest zwiększenie niezawodności elektronicznych systemów sterowania w transporcie poprzez stabilizację wybranych parametrów środowiskowych.***

Rozdział pierwszy rozprawy stanowi wprowadzenie do problematyki pracy i zagadnień w niej poruszanych. Autor przeprowadził dokładną analizę bibliografii dotyczącej zagadnień związanych ze stabilizacją parametrów środowiskowych, w tym szczególnie temperatury i wilgotności. Przeprowadzona analiza umożliwiła określenie wpływu tych wielkości na zmianę parametrów eksploatacyjnych elementów elektronicznych, które tworzą strukturę funkcjonalną systemu sterowania ruchem kolejowym. Z przedstawionych w tym rozdziale analizy literatury i dostępnych artykułów naukowych bezpośrednio wynika cel i teza naukowa rozprawy doktorskiej, a tym samym także zakres badań.

W rozdziale drugim doktorant wyczerpująco i dokładnie opisał ogniwo Peltiera i zjawiska fizyczne w nim występujące, które mogą posłużyć do stabilizacji temperatury. W podrozdziałach 2.5-2.8 przedstawiono modele matematyczne opisujące zjawiska występujące w ogniwie Peltiera i przepływ ciepła w układach chłodzenia dla systemów sterowania ruchem kolejowym, które wykorzystują to ogniwo. Modele te stanowią podstawę do przeprowadzenia badań symulacyjnych w oparciu o zaproponowany model. Pozwala to np.

na wyznaczenie rozkładu temperatur, przepływu ciepła i zimna w badanej próbce. Wyniki badań - wykresy, tabele i rozkłady zamieszczono w podrozdziale 2.9.

W trzeciej części pracy doktorskiej przedstawiono wybrane zagadnienia związane z teorią niezawodności, które mogą znaleźć zastosowanie w rozwiązywanym problemie technicznym. W podrozdziałach 3.1-3.2 omówiono dwa rozkłady matematyczne, opisujące intensywność uszkodzeń λ elektronicznych systemów sterowania ruchem kolejowym. To jest rozkład wykładniczy i Weibulla. Kolejny podrozdział pracy zawiera jedną z często wyznaczanych miar niezawodności - oczekiwany pozostały czas zdatności obiektu.

W rozdziale czwartym dysertacji autor zawarł opis opracowanego i praktycznie wykonanego w ramach badań stanowiska laboratoryjnego. Stanowisko to umożliwia zadaną stabilizację temperatury i rejestrację zmian parametrów środowiskowych oddziałujących na system, to jest temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosferycznego. W rozdziale omówiono także zastosowane rozwiązania sprzętowe i opracowane przez Doktoranta oprogramowanie do rejestracji i analizy danych pomiarowych. Wyniki badań z wykorzystaniem opracowanego stanowiska są podstawą do dalszych rozważań, które dotyczą niezawodności systemów sterowania ruchem kolejowym (to następny rozdział pracy - nr pięć).

W rozdziale piątym pt. „Niezawodność systemów sterowania ruchem kolejowym” Doktorant zawarł analizę wpływu zastosowanych rozwiązań technicznych, szczególnie stabilizacji temperatury dla zmian środowiskowych na zmianę parametrów niezawodności elektronicznych systemów sterowania ruchem kolejowym. Głównym wskaźnikiem określającym niezawodność systemów sterowania ruchem kolejowym, który Doktorant brał pod uwagę to średni czas wystąpienia awarii MTTF i jego wpływ na niezawodność całego systemu. W badaniach laboratoryjnych oraz w przedstawionych w tym rozdziale rozważaniach założono aktywne chłodzenie układów elektronicznych umieszczonych w obudowie EDS.

W rozdziale szóstym zostały przedstawione wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz możliwości i kierunki dalszych badań dotyczących prezentowanej w pracy doktorskiej tematyki.

5. Merytoryczna ocena pracy

Autor rozprawy rozpatruje i analizuje zagadnienia związane z systemami sterowania ruchem kolejowym, tj. stabilizacją parametrów zewnętrznego niesprzyjającego środowiska atmosferycznego. Środowisko to oddziałuje na systemy sterowania ruchem kolejowym powodując zmiany: parametrów technicznych użytych elementów elektronicznych, intensywności λ uszkodzeń elementów, układów scalonych, a w sposób bezpośredni wpływa na zmianę niezawodności tego obiektu technicznego. Właściwa kontrola i utrzymanie zadanej temperatury użytkowania w określonym zakresie dla systemów sterowania ruchem kolejowym oraz odpowiednie metody kontroli funkcjonalnej stanu zdatności (diagnostyki) stanowią podstawę bezawaryjnej i bezpiecznej eksploatacji tych obiektów technicznych. W pracy doktorskiej podjęto bardzo złożone zagadnienie dotyczące stabilizacji temperatury w systemach sterowania ruchem kolejowym i postawiono nowatorską tezę naukową. Jest to szczególnie istotne ze względu na fakt rozwoju różnych innowacyjnych technik sterowania

w transporcie kolejowym. Implementacja stabilizacji temperatury i innych czynników środowiskowych w systemach sterowania ruchem kolejowym to zdarzenie oczekiwane i bardzo pożądane eksploatacyjnie.

Zasadniczym elementem rozprawy doktorskiej jest dobór odpowiedniego rozwiązania technicznego – w tym parametrów taktycznych (np. wymiary, waga, sposób wykonania, odporność na promieniowanie świetlne, itd.) i technicznych (np. napięcie zasilania, pobór mocy, zakres zmian temperatury, dokładność stabilizacji parametrów wyjściowych, itd.) ogniwa Peltiera dla zadanego systemu sterowania ruchem kolejowym. W tym celu autor rozprawy doktorskiej dokonał analizy stanu wiedzy i szerokiego przeglądu stanu techniki z tego zakresu:

- opracowania schematu zastępczego dla ogniwa Peltiera z wykorzystaniem elementów elektronicznych liniowych;
- pomiarów wartości charakterystycznych (napięcia i prądu) dla wybranych układów testowych tzw. „benchmarków” przy różnych wymuszeniach – zmianach wartości temperatury, zakres zmian od -50°C do 75°C ;
- metod symulacji i wyznaczenia wpływu zmian temperatury i wilgotności na czas poprawnej pracy układu elektronicznego;
- zasady działania i podstawowych parametrów technicznych modułów Peltiera – jedno i wielostopniowych;
- modelowania matematycznego zjawisk zachodzących w ogniwie Peltiera;
- zasad przeprowadzania badań symulacyjnych i określenia warunków brzegowych (początkowych) dla rozpatrywanych systemów;
- wybór określonych rozkładów matematycznych dla określenia niezawodności systemu po zastosowaniu stabilizacji temperatury.

Opracowaną metodę stabilizacji temperatury z wykorzystaniem ogniwa Peltiera autor rozprawy opisał wyczerpująco, a dobrany model układu kontroli i sterowania został również wykonany praktycznie. Przeprowadzone symulacje zilustrowane są licznymi wykresami przebiegów rozkładu temperatury w układzie i stanowią kolejny naukowo-empiryczny element pracy potwierdzający zdefiniowaną tezę rozprawy i realizację celu pracy.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Emila Sadowskiego posiada odpowiedni poziom naukowy i merytoryczny, łącznie z poziomem innowacyjności zaproponowanej metody w technice stabilizacji temperatury w systemach sterowania ruchem kolejowym. Zawartość rozprawy potwierdza szeroki zasób wiedzy praktycznej autora i profesjonalizm w analizach skomplikowanych zagadnień technik transportowych oraz podejścia do modelowania i opisów układów automatyki sterująco-kontrolnych. Warsztat naukowy dowodzi dojrzałości naukowej doktoranta i świadczy o szerokim zakresie nabytej wiedzy. Autor posiada umiejętność analiz i rozwiązywania skomplikowanych zagadnień w różnych dziedzinach techniki, które wymagają dużego obszaru posiadanej wiedzy oraz naukowego przygotowania.

Uważam zatem, że opisany sposób wykorzystania ogniwa Peltiera do stabilizacji zmian parametrów środowiskowych zewnętrznych i wewnętrznych w systemach sterowania ruchem kolejowym przedstawione w pracy doktorskiej są innowacyjne.

6. Uwagi szczegółowe

W trakcie analizy pracy doktorskiej pojawiło się kilka pytań, na które autor powinien odpowiedzieć najpóźniej na publicznej obronie:

1. Czy wprowadzenie do stabilizacji warunków środowiskowych ogniwa Peltiera w systemach sterowania ruchem kolejowym nie spowodują zmian warunków kompatybilności wewnętrznej i zewnętrznej. Jeżeli tak to zdaniem autora rozprawy jakie należy poczynić rozwiązania techniczne i organizacyjne dla zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej ?
2. W rozprawie nie do końca zostały zdefiniowane i wyszczególnione osiągnięcia naukowe Autora rozprawy. Z całą pewnością jest to opisane w rozdziale czwartym stanowisko badawcze i przedstawione w rozdziale piątym analizy niezawodnościowe będące wynikiem badań. Rozumiem też, że autorskim rozwiązaniem są modele symulacyjne dotyczące przepływu ciepła w ogniwie Peltiera. W przypadku pozostałych rozwiązań brakuje jednoznacznych stwierdzeń co jest oryginalnym dorobkiem Autora w rozprawie.
3. Na stronie 49 napisano „Maksymalna pobierana energia elektroniki w takiej skrzynce wynosi 11W, standardowo jest to 6W”. Podane jednostki wyrażają moc a nie energię. W rozprawie i dalszej działalności naukowej należy unikać potocznego słownictwa, np. „skrzynce” – może obudowie, czy też maksymalna pobierana energia elektroniki, może maksymalna moc pobierana przez urządzenia elektroniczne, ... itd.
4. Str. 151 – bibliografia. W pozycji nr 48 literatury brak wydawnictwa i roku wydania.
5. Brak określenia tzw. bilansu energetycznego systemu sterowania ruchem kolejowym – zapotrzebowanie na moc dla systemu z ogniwem Peltiera oraz jego brakiem. Czy występują duże zmiany w poborze prądu ?
6. Rys. 2.25 str. 38, opis rysunku – „Natężenie pola elektromagnetycznego w ogniwie Peltiera”, na osi OY jednostka [V], powinien być następujący podpis - Natężenie pola elektrycznego E [V/m], a jednostka na osi OY - E [V/m].
7. Doktorant przedstawił na rys. 2.25 rozkład natężenia pola elektrycznego E [V/m], jaka jest wartość rozkładu natężenia H pola magnetycznego dla przeprowadzonej symulacji. Dla jakiego zakresu częstotliwości zostały przeprowadzone symulacje ?

7. Podsumowanie i konkluzja

Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską mgr. inż. Emila Sadowskiego oceniam pozytywnie. Została ona wykonana na dobrym poziomie naukowym i merytorycznym. Zawarte w dysertacji treści dotyczą złożonych zagadnień technicznych. Treści merytoryczne zawarte w pracy doktorskiej świadczą o dużej dojrzałości naukowej doktoranta i wskazują na umiejętność podejmowania i wykonywania prac naukowych dla złożonych zagadnień sterowniczych w transporcie. Do najważniejszych osiągnięć mgr inż. Emila Sadowskiego, na podstawie recenzowanej rozprawy doktorskiej zaliczam:

- opracowanie i uruchomienie stanowiska badawczego do rejestracji wpływu zmian (stabilizacji) temperatury na parametry środowiskowe wpływające na niezawodność elementów elektronicznych składowych całego systemu sterowania ruchem kolejowym;

- określenie jednoczesnego wpływu dwóch czynników, tj temperatury i wilgotności na niezawodność elementów elektronicznych w systemach sterowania ruchem kolejowym ;

- zaproponowanie metody stabilizacji temperatury w układach przytorowych z wykorzystaniem tzw. modułu(ów) Peltiera. Dotychczas taka stabilizacja temperaturowa opierała się z wykorzystaniem klimatyzacji i była stosowana jedynie w dużych centrach sterowania ruchem kolejowym;

- opracowanie modeli symulacyjnych dla ogniwa Peltiera i układu chłodzenia dla tego urządzenia.

Przedstawione w rozprawie doktorskiej wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym doktoranta, a rezultaty pracy mogą być wykorzystane w praktyce. Doktorant udokumentował, że potrafi poprawnie dobierać i rozwijać warsztat badawczy, właściwie interpretuje wyniki wykonanych badań empirycznych i symulacyjnych. Przedstawione w pracy doktorskiej badania oraz analizy posiadają odpowiedni poziom merytoryczny.

Nieliczne uwagi nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, a przewaga wartości poznawczych i naukowych pozwala na pozytywną ocenę rozprawy. Na taką ocenę pracy wpływa również stopień złożoności zagadnień podejmowanych przez doktoranta, które moim zdaniem były trudne do zrealizowania, i to nie tylko od strony teoretycznej ale i badawczo – analitycznej. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo dobre przygotowanie praktyczne doktoranta, udokumentowane w postaci zbudowanego stanowiska badawczego. Zagadnienia te uwzględniają duże znaczenie podjętych działań dla poprawienia bezpieczeństwa i niezawodności systemów sterowania ruchem kolejowym, ich nowatorski charakter i dobrą znajomość, podjętej przez doktoranta problematyki badawczej.

Uwzględniając duże znaczenie podjętych działań dla poprawienia bezpieczeństwa i niezawodności systemów sterowania ruchem kolejowym, ich nowatorski charakter i dobrą znajomość podjętej przez doktoranta problematyki badawczej, stwierdzam że rozprawa doktorska pt.: „Wpływ wybranych czynników środowiskowych na funkcjonowanie układów sterowania ruchem kolejowym” mgr inż. Emila Sadowskiego **w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dnia 18 marca 2011 o zmianie ustawy – prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U.2011 nr 84 poz. 455).**

Wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej: inżynieria lądowa i transport.


dr hab. inż. Jacek Paś, prof. WAT

SEKRETARIAT WTE i I

Wpłynęło dnia... 23.12.2020

L.dz. 327