

**OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR. INŻ. ARTURA GOŁOWICZA
PT. „SYSTEMY ZARZĄDZANIA ENERGIĄ HAMOWANIA POJAZDÓW
ELEKTRYCZNYCH I HYBRYDOWYCH”**

Podstawa opracowania: pismo Pana prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport, Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej z dnia 27 maja 2022 r., nr DR-63/631/02/2022, do którego dołączono egzemplarz przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

Recenzję dysertacji opracowano w odniesieniu do wymagań określonych w § 6.4 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora z dnia 19 stycznia 2018 roku (Dz.U. 2018 poz. 261) oraz warunków określonych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789).

1. Aktualność rozprawy

Zastosowanie elektrycznych systemów napędowych w maszynach transportowych stanowiło dość efektywne i łatwe w zastosowaniu źródło energii mechanicznej dla wielu rodzajów mechanizmów, a obecnie, utożsamiane jest jako ważny kierunek badań i rozwoju w zakresie ich budowy i eksploatacji. Szczególną rolę elektrycznych systemów napędowych odnaleźć można obecnie w środkach transportu dalekiego, gdzie rozwiązania tam występujące dotyczą niemal całego spektrum środowiskowego i gałęziowego transportu.

Tak rozległy obszar zastosowań wskazuje na wiele istotnych zalet elektrycznych systemów napędowych, gdzie ich relatywnie wysoka efektywność, a zarazem niska emisyjność, to tylko niektóre z walorów tych systemów napędu. Cechy użytkowe, oraz ciągle zwiększany przez naukę potencjał technologiczny i produkcyjny przemysłu, sprawiły, że elektryczne układy napędowe stały się kluczowym kierunkiem rozwoju dla pojazdów drogowych, a jednocześnie obecna sytuacja zagrożenia energetycznego i klimatycznego tylko umocniły, wybrany wcześniej kierunek transformacji energetycznej w środkach transportu. Ponadto, wspomniane zagadnienia efektywności różnych procesów konwersji energii stanowią obecnie i będą stanowić w przyszłości obszar poszukiwań nowych, coraz to bardziej sprawnych metod i urządzeń technicznych realizujących te procesy. Takie działania znaleźć

można w całej palecie problemów techniki, a w przypadku pojazdów można to odnieść zarówno do systemów napędu, jak i w układach hamulcowych. Można przyjąć, że uogólniona ilość zużywanej energii w zadanych warunkach ruchu pojazdu zależy bowiem, oprócz zapotrzebowania, od doskonałości technicznej maszyn i urządzeń służących do jej konwersji i ewentualnego magazynowania. Stąd pojawia się tu problem zarządzania energią w pojazdach, który stanowi ważny element wzrostu efektywności energetycznej pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Jednocześnie w tych pojazdach, silnik i układ przeniesienia napędu, realizują także funkcję wspomaganie procesu hamowania pojazdu. Taka funkcjonalność układów przeniesienia napędu prowadzi najczęściej do konwersji energii kinetycznej ruchu pojazdu do innej postaci energii i jej rozpraszania do otoczenia (najczęściej energii cieplnej) lub gromadzenia w postaci energii wirujących mas, ciśnienia lub energii elektrycznej, w stosownych akumulatorach celem jej późniejszego wykorzystania jako źródła do napędu pojazdu.

Analizując liczbę stosowanych obecnie rozwiązań można stwierdzić, że technicznie najefektywniejszym sposobem wydaje się być konwersja energii ruchu pojazdu do postaci energii elektrycznej ze względu na wspomnianą efektywność procesów konwersji oraz podatność na zabudowę takiego systemu w pojazdach, jak i łatwość ewentualnego późniejszego wykorzystania zgromadzonej energii do napędu pojazdu. Tu należy wskazać, że o ile w przypadku pojazdów do dopuszczalnej masy całkowitej nie przekraczającej 3,5 t było to zazwyczaj wynikiem realizacji funkcjonalności odzysku energii przez elektryczny układ napędowy, to w przypadku pojazdów określanych w literaturze jako użytkowe (kat. M3 i N3), stanowi obecnie ich obowiązkowe wyposażenie wpływające na bezpieczeństwo ruchu drogowego w zakresie realizacji funkcji hamulca długotrwałego działania, gdzie często wykorzystuje się hamulce elektromagnetyczne. Jednocześnie wykorzystanie systemu hamulca długotrwałego działania lub też funkcji odzysku energii („hamowanie silnikiem”) w elektrycznych układach napędowych w niekorzystnych warunkach drogowych prowadzić może do utraty stateczności ruchu „hamowanego” pojazdu, co powoduje, że należy sterować wartościami sił hamowania uzyskiwanych zarówno w układzie hamulca długotrwałego działania, jak i systemach konwersji energii. Tu obecnie jedyną sensowną ze względu na komunikację formą sterowania wydaje się być elektroniczna regulacja siły hamowania w odniesieniu do warunków przyczepności kół do nawierzchni, co faworyzuje elektro-wirowe hamulce długotrwałego działania oraz maszyny elektryczne (w pojazdach elektrycznych). Z drugiej strony, proces konwersji energii, podczas hamowania regeneracyjnego zachodzący w pojazdach elektrycznych i hybrydowych ściśle powiązany jest ze stopniem naładowania akumulatora trakcyjnego oraz sprawnością układu konwersji energii (np. maszyny elektrycznej, falownika, transformatora, itd.). W takich przypadkach zastosowanie funkcji hamowania regeneracyjnego może cechować się znaczną zmiennością efektywności. Taka zmienność, w odniesieniu do bezpieczeństwa ruchu drogowego, nie wydaje się być najlepszym rozwiązaniem i kierowca będzie musiał użyć układu hamulca roboczego do utrzymania lub zmniejszenia prędkości ruchu takiego pojazdu.

Reasumując można stwierdzić, że transformacja energetyczna zachodząca w zakresie środków transportu drogowego stanowi istotny element wspomagający rozwój gospodarczy i technologiczny, jak i umożliwiający zastosowanie dotąd trudnych lub dotychczas nieekonomicznych systemów napędowych w pojazdach drogowych. To także powoduje

konieczność dostosowania korelacji pomiędzy wymaganiami administracyjnymi, a techniczną realizacją funkcjonalności w pojazdach. Jednocześnie, współczesna technika cyfrowa umożliwia, poprzez sterowanie, koordynowanie dynamiczne parametrów ruchu pojazdów w czasie rzeczywistym, co istotnie wpływa na bezpieczeństwo i skuteczność wykorzystania energii ruchu pojazdu.

Dodatkowo należy zaznaczyć, że spełnienie kryteriów oceny efektywności procesów prowadzi do doskonalenia obiektów technicznych i stymuluje ich rozwój poprzez poszukiwanie nowych rozwiązań w zakresie projektowania, materiałów, technologii wytwarzania oraz organizacji procesów eksploatacji i badań. Stąd, rozwój wiedzy z zakresu zmian cech obiektów, parametrów w funkcji czasu lub zużycia elementów maszyn i urządzeń stanowi istotne zadanie dla zwiększenia wartości wskaźników oceny niezawodności obiektów technicznych, a w tym pojazdów elektrycznych oraz hybrydowych.

Biorąc pod uwagę metody organizacji i zarządzania eksploatacją środków transportu należy wskazać, że zazwyczaj istotną rolę w pozytywnej ocenie właściwości eksploatacyjnych pojazdów przez eksploatatora oraz użytkownika odgrywa skuteczny proces diagnozowania oraz prognozowanie diagnostyczne, które pozwala osiągać wysokie wartości wskaźników miar efektywności obiektów wynikające z niezakłóconej możliwości realizacji zadań tych obiektów. Dzięki nim można zmniejszyć prawdopodobieństwo (ryzyko) wystąpienia awarii, a jednocześnie, dzięki możliwej ocenie intensywności i zaawansowania procesów zużycia, także zmniejszyć koszt ewentualnej naprawy, umożliwiając wykonanie regeneracji zużytych elementów zespołów maszyn i urządzeń, a w tym także w zastosowaniach pojazdowych.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że Doktorant podjął się aktualnej, przyszłościowej i ważnej – z względu na aplikacyjność, a zarazem trudnej - ze względu na stopień skomplikowania oraz różnorodność pojazdów, tematyki związanej z analizą funkcjonowania i zarządzania energią w pojazdach z napędem hybrydowym i elektrycznym. To połączenie stanowi o właściwym doborze zakresu tematycznego pracy w pełnej spójności z aktualną oraz przewidywaną tendencją zmian w systemach napędu środków transportu oraz zarządzania energią ich ruchu uwzględniającego dynamicznie zmienne warunki użytkowania. Ponadto, Doktorant podjął się opracowania algorytmu pozwalającego na oszacowanie efektywności funkcjonowania układu hamulcowego pojazdu włącznie z zastosowaniem systemu hamowania regeneracyjnego stosowanego w pojazdach elektrycznych i hybrydowych. Na podstawie przeprowadzonych analiz i badań eksperymentalnych, Doktorant opracował algorytm służący do oszacowania wartości opóźnienia hamowania uwzględniającą stopień naładowania akumulatora trakcyjnego oraz warunki topograficzne lokalizacji pojazdu oraz parametrów jego ruchu. Oszacowane wartości oraz rzeczywiste oraz wybrane wartości parametrów pracy elementów układów hamulcowych wraz z ich wartościami historycznymi pozwalają, poprzez realizację zaproponowanego algorytmu, określić warunki użycia maszyny elektrycznej i hamulca zasadniczego w zbliżających się warunkach ruchu. Takie analizy oraz informacja i możliwych zagrożeniach przekazane do interfejsu komunikacyjnego (np. Human-Machine Interface) pozwolą kierowcy dobrać właściwą strategię ruchu, aby na wskazywanym przez algorytm odcinku drogi nie wystąpiło prognozowane zagrożenie. Zaprezentowane w pracy podejście do tak wieloprognozowego zagadnienia jakim są pojazdy i ich zespoły, oraz dbałość o transparentność badawczą i analizę wyników,

a w tym także ogólną poprawność metodyczną i należyte rozwiązanie zadań badawczych oraz charakteru aplikacyjnego opracowanego estymatora, stanowi bezsprzecznie o zaletach ocenianej dysertacji.

Ponadto, Doktorant zadbał także o to, aby opracowane analizy oraz wyniki badań własnych, a na ich podstawie sformułowane wnioski, przedstawić w sposób ciekawy i zrozumiały, przez co zaprezentował poprawne ujęcie problemu i jego rozwiązania. Jednocześnie Autor zachował użyteczność otrzymanych wyników, czego konsekwencją są zawarte w pracy analizy, wnioski i narzędzia metodyczne, badawcze oraz programowe, które stanowią oryginalny dorobek Doktoranta.

2. Ocena merytoryczna

Opiniowana praca została wykonana pod opieką promotora w osobie dra hab. inż. Andrzeja Wojciechowskiego, prof. AGH.

Przedłożone opracowanie składa się z 19 ponumerowanych rozdziałów głównych zawartych na 148 stronach maszynopisu formatu A4. W pracy zawarto streszczenia w języku polskim i angielskim (str. 165 i 167). Dodatkowo, 7 stron opracowania przeznaczono na zamieszczenie wykazu analizowanej literatury polsko- oraz obcojęzycznej w liczbie 116 pozycji z czego większość ukazała się w okresie ostatnich 3 lat. Wykaz literatury obejmuje artykuły zamieszczone w czasopismach naukowych, artykuły i materiały konferencyjne, podręczniki akademickie, wydawnictwa branżowe, informacje zawarte w przemysłowych materiałach techniczno-informacyjnych oraz materiały zawarte na stronach serwisów internetowych. Kolejne elementy pracy stanowią wykazy rysunków i tabel (3 str.) oraz z tabelaryzowany wykaz akronimów (3 str.), zamieszczony na końcowych kartach opracowania. W pracy zawarto łącznie 75 rysunków (1 w rozdziale drugim, 2 w rozdziale trzecim, 3 w rozdziale czwartym, 2 w rozdziale piątym, 3 w rozdziale szóstym, 7 w rozdziale ósmym, 8 w rozdziale dziewiątym, 6 w rozdziale dziesiątym, 15 w rozdziale jedenastym, 6 w rozdziale 13, 1 w piętnastym, 3 w rozdziale szesnastym, 11 w rozdziale siedemnastym i 7 w rozdziale osiemnastym) oraz łącznie 23 tabel.

Układ pracy jest ogólnie klarowny, a poszczególne rozdziały i podrozdziały stanowią swoje logiczne następstwo. Podrozdziały stanowią rozwinięcie rozdziałów 3, 4, 8-11, 13, 15 i 16. Format edycyjny pracy także nie budzi istotnych zastrzeżeń i jest właściwy dla przedstawianych treści. Język i zastosowana przez Autora stylistyka pracy są ogólnie poprawne, a użyte określenia branżowe są zasadniczo spójne i dość konsekwentnie stosowane dla całej objętości pracy.

Autor sformułował też w sposób jawny cel pracy w postaci stwierdzenia „... *opracowanie teoretycznych podstaw takiego algorytmu i zasady działania estymatora hamowania, który będzie mógł być także wykorzystany w pojazdach z klasycznym układem napędowym*”. W miejsce klasycznych hipotez zastosował pracy **pytania badawcze** w postaci, cyt.

„1) Jakże czynniki w sposób istotny wpływają na proces hamowania i jakie są możliwości łatwego pomiaru ich czujnikami łatwymi do instalacji w pojazdach?”

Następnie przedstawiono krótkie uzasadnienie, tak postawionego pytania.

„2) Czy informacja przekazana przez wdrożony do pojazdu system ostrzegający o możliwych do wystąpienia zagrożeniach na drodze i pełnej funkcjonalności układu hamulcowego wpłynie na bezpieczeństwo?”

Po czym także Autor, w pracy wniósł także krótkie uzasadnienie tego pytania.

Jednocześnie odnosząc się do treści postawionych pytań badawczych należy zaznaczyć, iż mają one charakter bardzo uogólniony, co sprzyja uniwersalności uzyskanych wyników odpowiedzi. Zarazem uogólnienie to powoduje utrudnienie w interpretacji wyników w zakresie szczegółowego ich zastosowania, ponieważ nie ograniczone zostały jednocześnie zakresy stosowalności kwestii merytorycznych przedstawianych dalej w pracy, a jednocześnie utrudnia realizację pracy Autorowi.

We **wprowadzeniu** do dysertacji Autor zawarł treści wspomagające zrozumienie problemu oraz istotności podjętego zagadnienia.

Drugi rozdział zawiera treści stanowiące wprowadzenie do zagadnień budowy pojazdów wyposażonych w elektryczne i hybrydowe systemy napędowe. Autor przedstawia tu podstawowy podział pojazdów elektrycznych i hybrydowych oraz opisuje ogólne cechy funkcjonalne tych pojazdów. Wskazuje tu też na pewnego rodzaju rozbieżności nomenklaturowe pomiędzy przyjętymi w literaturze branżowej określeniami, a określeniami występującymi w procesach administracyjnych.

Rozdział **trzeci** opracowania stanowi element administracyjny pracy, gdzie Doktorant wymienia i charakteryzuje krajowe oraz obszarowe (UE) testy i wymagania odniesione do pojazdów mających uzyskać dopuszczenie do obrotu i/lub użytkowania. W tej części pracy przedstawiono siedem typów procesów badawczych (homologacyjnych) oraz dokonano klasyfikacji rodzajowej pojazdów ze względu na procesy uzyskiwania homologacji. Rozwinięciem merytorycznym tej części pracy jest rozdział **czwarty**. W rozdziale tym Autor scharakteryzował testy homologacyjne odnoszące się do badań skuteczności działania układów hamulcowych zamontowanych w pojazdach kategorii M2-N3 oraz O2-O4. Szczegółowo opisał w nim elementy badania oraz przedstawił kryteria i zasady oceny skuteczności działania układów hamulca ciągłego działania.

W rozdziale **piątym** Autor przedstawił uzasadnienie dla wyboru tematyki pracy oraz sformułował pytania badawcze oraz krótką genezę podjęcia tematyki niniejszego opracowania. Dzięki załączonym opisom celów postawionych pytań badawczych można wnioskować o deklaracji Autora co do jego sposobu postępowania i przedstawiania treści w kolejnych częściach opracowania. Na zakończenie tego rozdziału, Autor zamieszcza rysunek/tabelę z określonymi informacjami stanowiącymi formę planu pracy wraz z przypisanymi, do jego poszczególnych elementów, rozdziałami.

W kolejnej części pracy (rozdział **szósty**) Autor dokonał szczegółowego przedstawienia metod badań systemów hamulców ciągłego działania (głównie w odniesieniu do badań II i III) w oparciu o wymagania administracyjne. Określił w nim elementy dostosowania warunków badań do określonych wymagań oraz zasady wprowadzania korekt w systemie oceny spełnienia tych wymagań. Treści te stanowią nawiązanie merytoryczne do rozdziału czwartego. Rozdział **siódmy** stanowi kolejną merytoryczną część opracowania dedykowaną

analizie energetycznej ruchu pojazdu w przypadku wykonywania testów badawczych wg załącznika II i IIA. Doktorant w tej części pracy dokonuje opisu kryteriów oceny parametrycznej wartości mocy i energii uzyskiwanej przez poruszający się pojazd, a traconej w elementach układu hamulca ciągłego działania (konwertowanej do postaci ciepła i mocy cieplnej) w zakresie ich dostosowania do wymagań administracyjnych opisach w treściach badań dla testów II i IIA, odnoszących się do oceny skuteczności działania układu hamulca ciągłego działania.

Kolejna część pracy (rozdział **ósmym**) doktorant rozpoczyna od przedstawienia praktycznych aspektów zastosowania hamulców długotrwałego działania. Następnie przedstawia w dość uproszczonym zakresie zasady funkcjonowania i cechy wybranych rozwiązań technicznych tych systemów hamowania pojazdu.

W rozdziale **dziewiątym** dysertacji Autor zamieszcza informacje dotyczące liczebności pojazdów elektrycznych (baterijnych i hybrydowych typu plug-in) oraz liczebność ogólnodostępnych stacji ładowania. Dane te dotyczą rynku krajowego, ale także odnoszone są do trendów występujących na świecie. Następnie, Autor przedstawia rozważania dotyczące wielowątkowości problemów związanych z pojazdami autonomicznymi mającymi zastąpić konwencjonalny schemat funkcjonowania pojazdów drogowych. Rozdział ten kończy się dość pobieżnym przeglądem ofert rynkowych elektrycznych pojazdów użytkowych.

Kolejny rozdział pracy (**dziesiąty**) został dedykowany analizie systemów odzysku energii hamowania, stosowanych w pojazdach drogowych. Przedstawił tu dość skrótowo elementy historyczne i obecne rozwiązania w zakresie bezwładnościowych systemów konwersji energii stanowiących istotną część współczesnych pojazdowych systemów odzysku energii kinetycznej traconej w trakcie zmniejszania prędkości ruchu. Kolejne strony opracowania dedykowane zostały innemu rozwiązaniu konwersji energii kinetycznej ruchu – mianowicie jej przetwarzaniu i magazynowaniu w postaci ciśnienia płynów (gazów i cieczy). Autor charakteryzuje cechy takich systemów i argumentuje przyczyny zaprzestania ich stosowania i dalszego rozwoju we współczesnych pojazdach.

Rozdział **jedenasty** zawiera charakterystykę funkcjonalną układów napędowych pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Zawarte tam informacje stanowią dopełnienie treści przedstawianych w rozdziale drugim niniejszego opracowania. Zawarto tu treści odnoszące się do charakterystyki i podstaw funkcjonowania silników elektrycznych stosowanych w pojazdach. Autor w pewnym stopniu uszczegółowienia przedstawił opis cech funkcjonalnych silników prądu stałego oraz przemiennego (synchronicznych i asynchronicznych). W tej części opracowania Autor dokonał także opisu cech funkcjonalnych akumulatorów stosowanych w pojazdach elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem akumulatorów trakcyjnych oraz ich właściwości odnoszących się do ich trwałości oraz przydatności, jako magazyny energii elektrycznej. Zakończeniem treści tego rozdziału są informacje związane z charakterystyką budowy układów napędowych stosowanych w autobusach elektrycznych.

Następna część pracy (rozdział **dwunasty**) nawiązuje do treści przedstawionych w rozdziale szóstym dysertacji. Autor uszczegóławia problematykę badań homologacyjnych układów hamulca ciągłego działania w odniesieniu do pojazdów elektrycznych. Następnie (rozdział **trzynasty**) Autor dokonał analizy procesów zmian parametrów ruchu pojazdu poddawanego testom typu II oraz IIA i oceny skuteczności układu hamulca ciągłego

działania. W tym zakresie wykonał analizę zmian energii kinetycznej oraz potencjalnej hamowanego pojazdu. W procesie uwzględniono straty energii kinetycznej ruchu pojazdu wynikające z działania sił oporów powietrza i oporów toczenia, przy czym zastosowano standardowe (literaturowe) wskaźniki determinujące wartości tych oporów.

Rozdział **czternasty** opracowania zawiera szereg informacji o próbach dostosowania testów i wymagań administracyjnych w zakresie efektywności funkcjonowania układów hamulca ciągłego działania w odniesieniu do pojazdów elektrycznych, a rozdział kończy analiza uzyskanych uzgodnień grup roboczych w zakresie badań układów tych pojazdów.

Kolejny rozdział główny opracowania (**piętnasty**), zawiera elementy analizy literatury w zakresie określania parametrów charakteryzujących ilość zgromadzonej i dostępnej do napędu energii na pokładzie pojazdu. W tym zakresie Autor wskazuje na sposoby określania wartości wskaźników informujących użytkownika pojazdu o stopniu naładowania pokładowego magazynu energii i szacowanym, przez układy pokładowe, zasięgu pojazdu.

Rozdział **szesnasty** dysertacji zawiera głównie dyskusję nad właściwościami materiałów stosowanych na elementy cierne w mechanizmach hamulcowych oraz rozwiązaniami technicznymi tych mechanizmów. Doktorant przedstawia tam między innymi ogólną charakterystykę materiałów ciernych stosowanych na okładziny i elementy cierne (tarcze, bębny hamulcowe). Doktorant w tej części opracowania zamieścił dość szczegółową analizę składników materiałów na okładziny cierniej oraz właściwości powierzchni elementów ciernych. Następnie (rozdział **siedemnasty**) został dedykowany analizie wpływu różnych (wybranych) czynników zewnętrznych, charakteryzujących warunki pracy pary cierniej, na wartość uzyskiwanego współczynnika tarcia pomiędzy powierzchniami roboczymi tej pary. Analizuje tu głównie trzy czynniki: wilgotność powietrza, ciśnienia roboczego w układzie hamulcowych oraz temperatury powierzchni roboczej par ciernych. W rozdziale tym, Autor przedstawił analizę wyników badań przedstawionych w wybranych publikacjach, a w tym także analizę wyników badań własnych przeprowadzonych na stanowisku do badań eksperymentalnych.

W przedostatnim rozdziale pracy (**osiemnastym**) Autor przedstawia uszczegółowienie koncepcji zaproponowanego przez siebie rozwiązania technicznego, służącego oszacowaniu stanu technicznego i możliwej do uzyskania efektywności pracy układu hamulcowego, określonego przez Autora, jako „Estymator hamowania”. W tej części pracy Doktorant szczegółowo odnosi się do genezy problemu oraz tematyki badań skuteczności działania układów hamulcowych, a w tym szczególnie do badań homologacyjnych hamulców długotrwałego działania w zbliżonych do rzeczywistych warunkach pracy (badania typu I i II). Autor także odnosi się do rozporządzenie UE 2019/2144 z dnia 27 listopada 2019 roku, odnoszącego się do warunków zainstalowania pokładowych rejestratorów jazdy w pojazdach drogowych. Jednocześnie wskazuje na konieczność korelacji funkcjonalności estymatora hamowania z chwilowymi warunkami pracy elementów układów hamulcowego, których wybrane charakterystyki zostały przedstawione w rozdziale siedemnastym pracy. W tej części dysertacji Autor wskazuje także na zaproponowany algorytm funkcjonowania estymatora hamowania w oparciu systemy uczenia się i dane historyczne realizowanych procesów hamowania. Należy zaznaczyć, że algorytm ten w zasadzie odnosi się do wymagań określonych przez producenta pojazdu w zakresie wartości opóźnienia hamowania szacowanego na podstawie wartości rzeczywistych determinujących warunki pracy pary

ciernej oraz w zakresie wymagań minimalnych określonych przez producenta pojazdu. Kluczową kwestią przedstawioną w tym rozdziale jest algorytm estymatora hamowania oparty o wybrane parametry pracy mierzone w czasie rzeczywistym – czyli uwzględniający dynamikę procesów konwersji energii kinetycznej ruchu pojazdu w zakresie istotnych parametrów pracy pary ciernej. Tu Autor przedstawia koncepcję opomiarowania wybranych elementów układu hamulcowego pojazdu celem uzyskanie informacji o wartościach parametrów charakteryzujących reżim pracy jego elementów, ze szczególnym uwzględnieniem pary ciernej i warunków otoczenia. Na podstawie przyjętej koncepcji Doktorant przedstawił uszczegółowiony o dane o rzeczywistych warunkach pracy algorytm funkcjonowania estymatora hamowania.

Zmodernizowany algorytm obejmuje także zakresem swojego zastosowania także pojazdy elektryczne i hybrydowe, gdzie jedną z funkcjonalności systemu napędowego jest hamowanie regeneracyjne. Tu w algorytmie szacującym efektywność możliwej pracy układu hamulcowego wspomaganego maszyną elektryczną Doktorant proponuje uwzględnić jeszcze stopień naładowania akumulatora trakcyjnego, którego istotę funkcjonowania przedstawiono we wcześniej umieszczonych rozdziałach ocenianej dysertacji.

Opracowanie kończy sformułowane podsumowanie (rozdział **dziewiętnasty**) zawierające opis osiągnięć merytorycznych i przewidywanych efektów zastosowania proponowanego rozwiązania estymatora hamowania w warunkach ruchu rzeczywistego pojazdów oraz możliwości zwiększenia bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że dysertację *mgra inż. Artura Gołowicza* można uznać za znaczące osiągnięciem Autora w zakresie objętym tytułem oraz zawiera wiele nowych elementów, które można uznać za Jego oryginalny dorobek, stanowiący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, a szczególnie jej dziedzinę nauk o eksploatacji pojazdów samochodowych i maszyn roboczych w zakresie diagnostyki obiektów technicznych takich, jak ich zespoły funkcjonalne i pokładowe układy służące zarządzaniu energią.

Niezwykle istotnym aspektem opracowanej dysertacji jest strona praktyczna możliwego zastosowania proponowanego przez Doktoranta algorytmu funkcjonowania estymatora hamowania, które stanowi narzędzie doskonalące opracowane modele matematyczne naturalnie ograniczone założeniami i uproszczeniami w ocenie stanu technicznego oraz stopnia zaawansowania zużycia obiektów technicznych, a w szczególności elementów układów hamulcowych oraz systemów hamowania regeneracyjnego pojazdów elektrycznych i hybrydowych. Ponadto, finalnie możliwe do uzyskania zakresy referencyjne dla parametrów pracy układów podwozia mających swój udział w konwersji i przenoszeniu energii ruchu w sposób istotny mogą wpłynąć na aplikacyjność uzyskanych wyników w zakresie czynności diagnostycznych i skuteczności prowadzonych procesów diagnostycznych, co jest tym bardziej ważne dla bezpieczeństwa ruchu drogowego, a jednocześnie uwzględniają wartości parametrów statycznych lub charakterystyki dynamiczne opisujące chwilowe warunki pracy elementów tych układów.

Zalety pracy

Do istotnych zalet pracy należy zaliczyć:

1. Praca stanowi formę rozwiązania problemu realizacji funkcji estymatora hamowania związanej z jego wymaganiem określonym administracyjnie przez organ homologacyjny.
2. Podstawa funkcjonowania estymatora zaproponowano przez Autora stanowi odniesienie do przeprowadzonych obliczeń oraz charakteru budowy współczesnych pojazdów elektrycznych i hybrydowych, stąd implementacja oraz uogólniony sposób działania świadczy o uniwersalności wymienionego rozwiązania, a ponadto uwzględnia się także topograficzne najbliższego otoczenia i przebiegu drogi pokonywanej przez pojazd, co może istotnie zwiększyć efektywność procesów zarządzania energią na pokładzie pojazdu.
3. Na podstawie analizy zjawisk oraz właściwości materiałów używanych jako pary cierne Doktorant, dokonał wytypowania kluczowych cech, których wartości i charakterystyki statyczne oraz dynamiczne zostały uwzględnione, jako bazy danych, w funkcjonalności zmodyfikowanego estymatora hamowania.
4. Estymator hamowania umożliwia dodatkowo weryfikację jakościową zastosowanych w pojeździe elementów par ciernych, co także przyczyni się do wzrostu bezpieczeństwa ruchu drogowego.
5. Autor proponuje zakres minimalnego opomiarowania pojazdu, mającego na celu uzyskanie informacji z zastosowaniem dość uniwersalnych przetworników, co znacząco może zmniejszyć koszt oraz zwiększa podatność zastosowania proponowanego zestawu pomiarowego w pojazdach.
6. Proponowany algorytm umożliwia jego integrację z systemem sterowania elektrycznych układów napędowych, co sprzyjać będzie integracji w pojazdach elektrycznych i hybrydowych, a ponadto pozwoli na zwiększenie zasięgu pojazdu poprzez dostosowanie procesu hamowania regeneracyjnego do topografii drogi po której porusza się pojazd, gdzie dodatkowo uzyskać będzie można zmniejszenie ryzyka wystąpienia sytuacji niebezpiecznej w postaci zaniku siły hamowania w wyniku nadmiernego wzrostu temperatury (fading'u).

Jako **osiągnięcia utylitarne** pracy należy uznać:

1. Autor pozyskał szereg informacji o funkcjonowaniu elektrycznych i hybrydowych systemów napędowych współczesnych pojazdów.
2. Przeanalizowane metody badań homologacyjnych układów hamulcowych pojazdów (w tym także elektrycznych i hybrydowych) pozwoliły Doktorantowi na wskazanie obszaru niedoskonałości wymagań administracyjnych i procesów badawczych, wskazując na istotę podjętego tematu pracy.
3. Wykonanie stanowiska oraz opracowanie kryteriów oceny stanu technicznego obiektu, która pozwala na wykonanie czynności diagnostycznych dla pary ciernej stanowiącej podstawę funkcjonowania ciernego mechanizmu hamulcowego.

4. Autor zastosował szereg zagadnień narzędziowych związanych z realizacją swojej pracy – od aspektów dotyczących czynności pomiarowych i projektowych, co istotnie wpłynęło na efekt przedstawionego opracowania .
5. Opracowania modelu funkcjonowania estymatora hamowanie w korelacji z funkcjonalnościami systemów sterowanie napędem pojazdów elektrycznych i hybrydowych, a tym jednocześnie spełniając wymagania administracyjne i funkcjonalne estymatora oraz łatwość jego aplikacji w występujących już systemach pojazdowych.
6. Uzyskane w pracy wyniki oraz zaproponowane narzędzia mogą stanowić podstawę do dalszego rozwoju metod gromadzenia danych o procesach diagnostycznych oraz wpłynąć na zwiększenie bezpieczeństwa funkcjonowania pojazdów, a w tym także autonomicznych.
7. Dokonano identyfikacji ilościowej zapotrzebowania energetycznego przez elektryczne systemy pokładowe na przykładzie autobusów.

Merytoryczne niedoskonałości prac

Jako główną niedoskonałość pracy należało by uznać nieco uogólniony opis propozycji estymatora hamowania i zbyt fragmentaryczne traktowanie o jego aspektach naukowych (np. brak zdefiniowanej funkcji opisującej model) oraz techniczno-eksploatacyjnych. Jednocześnie Autor ogranicza się tylko do koncepcji przedstawianej w postaci opisu oraz kluczowego algorytmu w postaci schematu blokowego estymatora. Takie przedstawienie koncepcji oraz brak pełniejszej analizy numerycznej (np. różne warunki, przypadki szczególne) i jej transparentności, prowadzi do dość ograniczonego przekazu merytorycznego. Jednocześnie przedstawione wyniki badań eksperymentalnych pochodzą z wcześniejszych dokonań Autora i nie posłużyły do walidacji proponowanego modelu numerycznego.

Być może przyczyną tak ograniczonego przekazu jest chęć komercjalizacji proponowanego rozwiązania lub proces ochrony patentowej.

Wśród merytorycznych niedoskonałości pracy o charakterze naukowym i użytkowym podkreślić należy to, iż:

1. Tytuł pracy zdaje się kolidować z zakresem merytorycznym oraz efektami pracy.
2. Zbyt szcątkowo potraktowano obszar analizy energetycznej ruchu pojazdów stanowiącej istotę dla podjętej tematyki pracy, szczególnie ze względu na typowe warunki ruchu, gdzie analizy te ograniczono zasadniczo do badań procesu hamowania.
3. Dość pobieżnie dokonano analizę funkcjonowania systemów zarządzania energią na pokładzie pojazdu, gdzie koncentruje się istota tytułu dysertacji.
4. Nie rozważano wpływu procesu wymiany ciepła, a w tym na konwersję energii podczas różnych faz i warunków ruchu pojazdu, zarówno w odniesieniu do pojazdów klasycznych, jak hybrydowych i elektrycznych.
5. Nie przedstawiono formalnego modelu matematycznego dla estymatora, założeń, ograniczeń, metodyki wyznaczenia funkcjonalności estymatora, pominięto proces walidacji modelu i przedstawienia wyników w zakresie wybranych przypadków, co stanowiło by istotny dowód dla proponowanej koncepcji.

6. Nie zdefiniowano w sposób klarowny zakresu stosowalności opracowanych modeli algorytmów estymatora i nie przedstawiono uzyskanych dzięki nim obliczeń.
7. Przedstawiono szereg zagadnień często tylko bardzo pośrednio związanych z tematyką opracowania – np. badania materiałów na pary cierne mechanizmów hamulcowych.
8. Braki w ujednoliceniu stosowanego nazewnictwa i mnogość błędów stylistycznych.
9. Pomimo ogólnej staranności w przekazywaniu treści rozprawy, dostrzega się nieścisłości wynikające z braku pełnego rozumienia terminologii lub jej niewłaściwego stosowania dla obszarów wiedzy, którymi autor się nie zajmuje bezpośrednio.
10. W części praktycznej Autor dość pobieżnie opisuje przedstawiane wyniki nie artykułując ich pochodzenia – symulacja, czy badania eksperymentalne?
11. Brak zapisu formalnego wniosków, co w zasadniczej części znajduje się w podsumowaniu, a jednocześnie wiele tam użytych stwierdzeń ma charakter życzeniowy (nie poparty wynikami przedstawianymi w pracy).
12. W podsumowaniu zasadniczo brak formalnej odpowiedzi na postawione pytania badawcze, a jednocześnie zawarte tam informacje pozwalają takie odpowiedzi sformułować, co prowadzi do wniosku, że odpowiedzi te są niejawnie i zasadniczo przedstawiają dowodność w zakresie ich interpretacji.

Pozostałe wybrane uwagi krytyczne:

- Układ - przedstawiane akronimy, np. EV, nie posiadają swojego określenia, stąd należy sięgać to zamieszczonego na końcu pracy wykazu co powoduje ograniczenie klarowności przekazu i wydaje się, że ten wykaz wraz ze streszczeniami powinien stanowić początkowe strony opracowania – str.4, a ponadto czy nie warto zróżnicować czcionki na kursywę, tak jak powinno to być także w odniesieniu do oznaczeń, jednostek, nazw własnych, zwrotów obcojęzycznych, itd.
- Pojawiające się błędy stylistyczne i językowe, np. „*Pojazdy elektryczne w tym rozwiązaniu...*” str.4,
- Dosłowne tłumaczenia, niekoniecznie trafne, np. „...pojazdy czysto elektryczne (PEV)...” str.4,
- Stosowane są określenia pochodzące z języka potocznego, np. „*Autobusy o napędzie akumulatorowym...*” – str.4,
- Stosowanie uosobień, np. „*Pojazdy elektryczne oferują...*” – str.4,
- „...wyprodukowanie czystej energii...” – czy w istocie można produkować energię? – str.4.
- „Kolejne ograniczenia emisji, czy hałasu pojazdów...” – a czym jest hałas i jakie są jego źródła w transporcie drogowym?,
- „...szkodliwych związków chemicznych...” – co Autor miał na myśli? – str.4,
- „...pojazdach ciężarowych...” – jak Autor rozumie pojęcie pojazdu ciężarowego? – str.5,
- Czy wykorzystanie energii pochodzącej z procesu hamowania pojazdu na potrzeby urządzeń pokładowych pojazdu jest dyssypacją, czy raczej regeneracją? Ma to istotne znaczenie dla bilansu energetycznego pojazdu – dlaczego? – str. 5,
- Niepotrzebne wtrącenia mające charakter streszczenia we wstępie - koniec przedostatniego akapitu jak i ostatni akapit na str.5 oraz pierwszy str.6,

- Co znaczy określenie „...stanu pojemności akumulatorów...”? - str. 6,
- Wtrącenia potoczne, „...uksztaltowania terenu po którym będzie przemieszczał się pojazd...” – co Autor miał na myśli – pojazdy terenowe? – str.6,
- „...węzła tarcia hamulca oraz kontaktu opony z nawierzchnią.” – co autor miał na myśli? Str.6,
- „...proste parametry fizyczne.” - ? str.6
- Jak należy rozumieć określenie „... dwóch typów układu napędowego...”? - czy w literaturze występuje taka definicja i co ona oznacza? – czy jest ona zbieżna z postrzeganiem Autora? –str. 7,
- Na rys. 2.1 brakuje jednego z rodzajów EV? Jakiego?
- Jak rozumieć określenie „...czysty wodór...”? str.7,
- „W ogniwach paliwowych na skutek reakcji chemicznej wodoru z tlenem powstaje energia elektryczna, wynikiem tej reakcji jest woda.” „Woda następnie odprowadzana jest układem wydechowym...” – jak należy to rozumieć, doprecyzować, czy ogniwa paliwowe wyposażane są w układy wydechowe – w istocie jakie są funkcje układu wydechowego,
a jakie układu odprowadzenia pary wodnej w odniesieniu do stosów ogniw paliwowych? – str.7,
- „Pojazdy MHEV to pojazdy, które spełniają warunki zakwalifikowania ich do pojazdów elektrycznych hybrydowych. Są to pojazdy z silnikiem spalinowym, wyposażone w urządzenie elektryczne.” – czy należy to rozumieć tak, że wystarczy, aby pojazd był wyposażony
w dowolne urządzenie elektryczne, by można było go zakwalifikować jako MHEV? – str.8,
- Brak przerw między wartościami a jednostką – np. „48V” – str.9, kiedy i jak należy je stosować lub nie?,
- „-” – powinno się używać znaku „÷” pomiędzy wartościami określającymi przedział - str.9,
- „Silnik benzynowy...” - ? klasyfikacja silników?– str.9,
- „Ostatnią grupą pojazdów elektrycznych to pojazdy akumulatorowe (BEV) są to pojazdy które nie posiadają silnika spalinowego, a ich jedyne źródło napędu to energia elektryczna zgromadzona w akumulatorach trakcyjnych.” – stylistyka i język? – str.9,
- Dość nieoczywista zawartość treści w rozdziale 3 (niepowiązane z tytułem opracowania), gdzie Autor opisuje rodzaje homologacji bez merytorycznego odniesienia się zarządzania energią hamowania lub związku rodzaju homologacji z tym zagadnieniem?,
- Brak numeracji wzorów – str.20 i dalej,
- Brak opisu wielkości oznaczonej jako „PR” – str.21,
- Jak należy rozumieć wskaźnik skuteczności „ZR” – w jakich jednostkach, a jeżeli jest to wielkość bezwymiarowa to względem czego się odnosi – doprecyzować? – jak należy rozumieć opór R? Siła, współczynnik? – str. 21,
- Jaki jest sens przepisowywania (wykonania zdjęcia) definicji i umieszczanie tego jako treść w pracy – pierwszy akapit w podrozdziale 4.2,
- Cel podwójnego numerowania tabel – 4.1? – str. 22,

- „Na podstawie obliczonego $zR+M$ oblicza się wskaźnik hamowania przyczepy ZR zgodnie ze wzorem powyżej.” – o jakiej zależności mowa, bo ta na stronie gdzie jest ten zapis nie posiada w sobie tak oznaczonej wielkości? – str. 23,
- Mało precyzyjny zapis „...i sprawdzić, czy koła obracają się swobodnie (tj. można je obrócić ręką)” – czy nie można to doprecyzować, np., wartością momentu niezbędnego do obrotu lub inaczej? – str. 25,
- Dość nieoczywisty zapis „...odpowiednim biegiem i układem hamulcowym o długotrwałym działaniu” – czyli co oznacza „odpowiedni...”? – str.25,
- Czy energia może być „pochłaniana” - ? str.25,
- „...zmierzyć skuteczność roboczego układu hamulcowego...” – jakim przyrządem mierzy się skuteczność, wydaje się że można dokonać pomiar opóźnienia, sił i na ich podstawie odnosząc się do wartości innej cechy fizycznej (np. masy – dmc), bo chyba wielkość tak to wskaźnik? – str. 25,
- Jakość rysunków 4.2, 4.3?, ponadto wydaje się, że pochodzą ze źródła zewnętrznego i nie stanowią opracowanie Autora – stąd powinny zostać opatrzone przypisem literaturowym.
- „Podczas badań należy zastosować taki bieg, aby prędkość obrotowa silnika nie przekroczyła maksymalnej wartości określonej przez producenta” – czy można to doprecyzować, bo może to być np. bieg IV lub VI, a momenty oporu generowane przez układ napędowy pojazdu będą zupełnie inne – str. 26,
- Występują powtórzenia treści – np. ostatni akapit str.26,
- „...czas trwania cyklu hamowania 60 sekund przy prędkości początkowej 60 km/h...” – może warto ujednoczyć zasadę stosowania opisów jednostek? – str. 27,
- Brak określenia istotnych elementów na rysunku – np. rys. 5.1,
- Dość nieoczywiste zasady interpunkcji (stosowania kropek oraz wielkich i małych liter) – np. „Plan pracy przedstawiono na poniższym Rys. 5.2. Plan pracy. gdzie uwzględniono główne obszary działań z uwzględnieniem chronologii działań.” – str.32,
- Zasadniczo rozdział IV i VI porusza te same kwestie, jaki był cel rozdzielenia merytorycznego?
- W zasadzie zależności na str. 36 i 37 są tożsame – jaki był cel przedstawiania tych przekształceń?
- W rozdziale VI mowa jest o energii dostarczanej/rozpraszanej – a w istocie nie umieszczono tam informacji – treści/zależności, jak wartość tej energii jest szacowana i o jakiej postaci tej energii jest mowa?
- Rys. 6.2 i 6.3 – jaki jest ich cel merytoryczny, co jest istotnego?
- Rozdziały VI i VII wydaje się, że są ściśle powiązane merytorycznie, więc powinny stanowić jedność?
- Jak należy rozumieć wielkości umieszczone w zależnościach w postaci „T – czas testu.” – a jak „ Δt – okres wynikający z częstotliwości próbkowania.” ? – str. 40 i 41
- „...energii oporu toczenia...” - jak to rozumieć? – str. 41,
- „ v_{aver} – średnia prędkość badanego pojazdu.” oraz „ v_{aver} – prędkość linowa pojazdu badanego” – brak konsekwencji oznaczeń, dwie zupełnie różne wielkości – str. 41,
- Błędny, opis lub zależności, pomiędzy wielkościami na str. 41,
- Czym jest wielkości oznaczona jako „N” ? – str. 41,

- Brak analizy rys. 8.1 – co wynika z ich zawartości? Rys. na str. 42 nie ma podpisu ani oznaczenia, np. a?
- Dość bezkrytyczny opis i użycie materiałów „marketingowych” na stronach od 43 do 45.
- Rys. 8.6 dość pobieżnie koresponduje z tekstem, ponieważ przedstawia przekroje i widoki zwalniaczy nie wyjaśniając istoty działania opisywanej w tekście.
- „*Krążąca ciecz odbiera energię kinetyczną obracającego się wirnika,...*” zbyt uproszczenia myślowe – str. 47
- „*Zwalniacze elektromagnetyczne działają w oparciu o zjawisko prądów wirowych Foucaulta. Prądy te powstają, jeżeli tarcza o małym współczynniku koercji znajduje się w polu magnetycznym, wtedy zaindukowane w tarczy prądy powodują w stosunku do pola magnetycznego, moment reakcji który przeciwdziała obrotowi tarczy.*” – zasadniczo tak, tylko wątpliwość merytoryczną budzi drugie zdanie, jak prąd elektryczny spowoduje powstanie fizyczny moment reakcji? - str. 47,
- „*...górną częśći suwu sprężania.*” – jak to rozumieć, czy chodzi o koniec suwu kompresji, gdy tłok zbliża się do GMP ? – str. 49,
- Podrozdział 9.1 zasadniczo mógłby być tylko wprowadzeniem do 9.2, ponieważ podawane są tam informacje ilościowe i statystyczne, co dla przedmiotu opracowania wydaje się być zbyt wyartykułowane, a treści zawarte w rozdziale 9.2 zredukowane pod względem merytorycznym dla tematyki pracy.
- Pojazd widoczny na rys. 9.7, brak oznaczenia cech wyróżniających go jako elektrycznego? Ponadto, trudno doszukać się treści, które ten rysunek miałby przekazać czytelnikowi.
- Treści zamieszczone w podrozdziale 9.3, łącznie z poprzednim mogły by stanowić uzupełnienie początkowych treści pracy, np. rozdziału 2, ponieważ nie wnoszą istotnych informacji dla tematyki.
- Str. 66 – podwójny sposób szacowania „gęstości energii” rys. 10.2? skąd dowolność czy skrót myślowy?
- „*...akumulatory, które gromadzą energię elektryczną w postaci chemicznej.*” – brak doprecyzowania? Str.67.
- Materiały graficzne (np. rysunki) powinny znajdować się razem z podpisem na tej samej stronie – np. rys.10.3.
- W miejsce fotografii (np. rys. 10.6) można było przedstawić schemat kinematyczny systemu napędu takiego pojazdu, co znacząco ułatwiło by zrozumienie istoty działania takiego systemu.
- „*Moment obrotowy generowany przez silnik elektryczny jest przenoszony przez skrzynie biegów i mechanizm różnicowy na koła napędowe pojazdu.*” – natomiast na rys. 11.1 widnieje przekładnia – skąd różnice oraz co to za przekładnia (rodzaj, funkcja) i czym się różni od mechanizmu różnicowego, a jednocześnie kiedy ma on zastosowanie i jak jest jego funkcja? – str. 74,
- Podrozdział 11.2, przedstawiający klasyfikację i zasadę działania silników napędowych, tylko pośrednio nawiązuje do tematyki i jego przydatność zwiększyłaby się poprzez przedstawienie typowych charakterystyk prędkościowych opisywanych tam silników.
- Podsumowanie umieszczone na str. 81 nie powoduje zamknięcia przedstawianych kwestii.

- Brak opisu i oznaczenia elementów na rysunku 11.8.
- Rozdział 12 zlokalizowany na dwu stronach wydaje się być bezzasadny a zawarte tam treści umieszczone w poprzedzających rozdziałach traktujących o procesach badań homologacyjnych.
- Rozdział 13 powinien stanowić podstawę dla opracowanego algorytmu estymatora hamowania, co nie zostało w pracy wystarczająco wyartykułowane, a jego umieszczenie znacznie wcześniej niż koncepcji estymatora znacznie dewaluuje jego wartość merytoryczną dla opracowania.
- Błąd edytorski na str. 102 – odniesienie do literatury.
- Jakie ograniczenia wiążą się propozycją przedstawioną na rys. 13.5 i jakie były przyjęte założenia – brak doprecyzowania i określenia zakresu stosowalności oraz metodyki ustalenia takiej strategii.
- Rys. 13.6 nie wnosi żadnego przekazu merytorycznego i w jego miejsce można było podjąć dyskusję nad sterowaniem procesem hamowania regeneracyjnego w różnych warunkach przyczepności.
- Przedstawiona identyfikacja mocy w rozdziale 13.3 nie wyczerpuje znamion dokonania bilansu energetycznego, co Autor deklaruje w tytule tej części pracy.
- Rozdział 14 powinien stanowić element rozdziału traktującego o badaniach homologacyjnych.
- Brak formalnego zapisu wniosków wynikających z przeprowadzonych analiz i obliczeń (rozdziały 13 i 15).
- Brak klarownego wyjaśnienia: „Metoda zliczania ładunku” lub tłumaczenie jest byt dosłowne – str. 111,
- Informacje zawarte w rozdziale 16 objętościowo znacząco przekraczają swoje merytoryczne znaczenie dla tematyki niniejszego opracowania.
- Dość enigmatyczne ujęcie podstaw koncepcji estymatora, brak zdefiniowanych założeń, ograniczeń, strategii postępowania a rozwiązanie ograniczono tylko do algorytmu w postaci schematu blokowego – rozdział 18.
- Brak informacji o zależnościach na podstawie których oszacowano dane przedstawione na rysunku 18.1.
- Brak informacji o formie uczenia maszynowego – podstawy, założenia, ograniczenia, techniczna realizacja – str.141.
- Brak oszacowanie niepewności pomiarowych oraz ich wpływu na oszacowane wartości opóźnienia – str. 141.
- Wzmocnienie analiz badań eksperymentalnych poprzez budowę modelu obliczeniowego w środowisku komputerowym, np. Matlab/Simulink lub zastosowanie sieci neuronowych, do obliczeń pozwoliło by sporządzić analizę możliwości zastosowania proponowanego estymatora, nawet w sytuacjach skrajnych, co znacząco wzmocniło by przekaz merytoryczny podjętej tematyki.
- Rozdział 19 nie zawiera formalnych wniosków, gdzie treści tam zawarte mogłyby posłużyć do ich sformułowania.

Przedstawione uwagi mają często charakter dyskusyjny i nie umniejszają pozytywnej oceny rozprawy, a studia nad zagadnieniami objętymi tematyką pracy i sposób ich

przedstawienia świadczą o wiedzy i doświadczeniu, jakie Doktorant posiada w rozważanym obszarze naukowym. Mimo dostrzeżonych niedociągnięć należy zauważyć, iż omawiana rozprawa dotyczy zagadnień, gdzie istotne było zastosowanie metod naukowych w celach praktycznego spełnienia wymagań administracyjnych w zakresie funkcjonalności wyposażenia pojazdów drogowych oraz w ich diagnostyce.

Ponadto, w mojej ocenie, przedstawiona do oceny dysertacja stanowi dojrzałe dzieło naukowe, charakteryzujące się dążeniem do szczegółowego rozwiązania problemu naukowego w kontekście poznawczym i aplikacyjnym.

Jako odpowiedzi Autora, proszę o przesłanie pisemnie opracowanych odpowiedzi na zagadnienia oznaczone numerem 2-6 w wykazie niedoskonałości.

3. Podsumowanie i konkluzja

Mimo uwag krytycznych, niektórych dyskusyjnych, realizację postawionego zadania należy ocenić pozytywnie ze względu na:

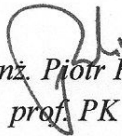
- poprawne określenie i zdefiniowanie przedmiotu badań oraz problemu naukowego,
- uzyskanie odpowiedzi na postawione pytania badawcze i zrealizowanie celu opracowania,
- obrazowy sposób prezentacji wyników oraz estetykę wykonania poszczególnych etapów pracy i zastosowanie nowoczesnych narzędzi wspomagających wykonanie opracowania,
- umiejętność przeprowadzenia szczegółowej analizy dla zdefiniowanego problemu badawczego,
- wykazanie się przez Autora szczegółową wiedzą teoretyczną i praktyczną w prezentowanych obszarach dla praktyki technicznej i administracyjnej,
- opracowanie modelu algorytmu estymatora hamowania, który poprzez digitalizację oraz implementację techniczną może stanowić doposażenie pojazdów umożliwiające spełnienie stawianych im wymagań administracyjnych, co jednocześnie pozwala uzyskać pozytywne odpowiedzi na postawione w pracy pytania badawcze,
- samodzielną budowę stanowiska do badań eksperymentalnych, na którym przeprowadzone badania wstępne pozwoliły wykazać osiągnięcia teoretyczno-aplikacyjne, pozwalające na uzyskanie charakterystyk pracy estymatora oraz szacować o jego wpływie na poruszane kwestie bezpieczeństwa i eksploatacji środków transportu drogowego.

Doktorant podjął się w dysertacji trudnego zadania, które ze względu na swój bardzo specyficzny i nietuzinkowy charakter nie wyczerpuje całości zagadnień związanych z problemami badań homologacyjnych, diagnostyki i oceny stopnia zaawansowania zużycia obiektów technicznych, do których należą także zespoły i podzespoły środków transportu. Liczba czynników wpływających na wynik diagnostyki i szacowanie możliwości wystąpienia awarii jest znaczna, a jednocześnie często czynniki te charakteryzują się losową zmiennością w czasie, co bardzo komplikuje zagadnienie podjęte przez Doktoranta. Trudne jest także jednoznaczne wydzielenie wpływu konkretnego czynnika, ponieważ należy liczyć się z interakcją innych, lecz jak wykazał Doktorant, jest możliwe określenie kluczowych czynników wpływających na wynik pracy estymatora hamowania oraz oceny sprawności rozważanych elementów układu hamulcowego i systemu zarządzania energią pojazdach elektrycznych i hybrydowych.

Powyższe, fakty świadczą o uzyskanych kompetencjach przez Kandydata w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na posiadanie przez Niego znaczącej wiedzy ogólnej oraz umiejętności praktycznych wchodzących w zakres dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa i Transport.

W mojej opinii recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Artura Gołowicza pt. „SYSTEMY ZARZĄDZANIA ENERGIĄ HAMOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH I HYBRYDOWYCH” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim wszczętym przed 30 kwietnia 2019 roku, w tym względzie obowiązujące przepisy to: ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 ze zm.) oraz rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), w związku z art. 179 ust. 1-3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 ze zm.) i rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 1818).

Może ona stanowić podstawę do nadania mgr. inż. Arturowi Gołowiczowi stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, zatem wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.


dr hab. inż. Piotr Piątkowski
prof. PK