

Dr hab. inż. Sławomir WIERZBICKI, prof. UWM
Katedra Mechatroniki
Wydział Nauk Technicznych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Artura Gołowicza
pt. „Systemy zarządzania energią hamowania pojazdów elektrycznych
i hybrydowych”

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Wojciechowski, prof. AGH

Recenzja wykonana na podstawie pisma nr DR-63/631/01/2022 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy z dnia 27.05.2022 r.

Recenzja rozprawy została opracowana w odniesieniu do wymagań określonych w Rozporządzeniu 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).

Ocena problematyki pracy

Walka ze zmianami klimatycznymi spowodowanymi globalnym ociepleniem klimatu, a także dążenie do obniżania emisji związków toksycznych przez środki transportu to obecnie główne kierunki rozwoju przemysłu motoryzacyjnego.

Jednym z głównych i perspektywicznych kierunków rozwoju pojazdów samochodowych jest ograniczenie, a najlepiej eliminacja tradycyjnych silników spalinowych na rzecz wykorzystania przede wszystkim napędów elektrycznych. Napędy te charakteryzują się znacznie wyższą sprawnością przetwarzania energii, znacznie prostszą budową układu przeniesienia napędu i zapewniają większą dynamiką jazdy. Ponadto pojazdy z napędami elektrycznymi charakteryzują się zerową emisją związków toksycznych, pomijając

oczywiście zużycie elementów ciernych takich jak opona czy klocki hamulcowe, czy też sposób wytwarzania energii eklektycznej. Największym mankamentem elektrycznych układów napędowych jest natomiast magazynowanie i przechowywanie wystarczającej ilości energii elektrycznej oraz czas ładowania akumulatorów trakcyjnych. Zastosowanie elektrycznych jak i hybrydowych układów napędowych pozwala również na relatywnie proste odzyskiwanie energii podczas hamowania pojazdu.

Hamowanie w klasycznych rozwiązaniach pojazdów mechanicznych dotychczas traktowane był jako proces mający na celu zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom ruchu drogowego i sprowadzał się najczęściej do kontrolowanego wytracania energii kinetycznej (redukcji prędkości ruchu). W istocie hamowanie sprowadzało się do odbioru energii z poruszającego się pojazdu i zamiana oraz rozproszenie tej energii w postaci ciepła przez elementy układu hamulcowego. Problem ten był znacznie bardziej skomplikowany w pojazdach ciężarowych i autobusach gdzie w celu zapewnienia właściwości trakcyjnych pojazdu w warunkach długotrwałego hamowania np. w warunkach górskich, konieczne było umiejętne stosowanie dodatkowych układów długotrwałego hamowania, zwanych zwalniczami lub retarderami. Tego typu rozwiązanie wymagało od kierującego doświadczenia, przewidywania sytuacji na drodze oraz zachowania się pojazdu, co było szczególnie trudne w przypadku poruszania się w nieznanym terenie. Niewłaściwe zachowanie kierowców często prowadziło do tragicznych w skutkach zdarzeń drogowych, którego przykładem jest wypadek polskiego autokaru w Vizille (Francja) w 2007 roku, w którym na skutek zignorowania zakazu wjazdu i nieumiejętnego użycia hamulców zginęło 26 osób.

W przypadku pojazdów z napędem elektrycznym lub hybrydowym proces hamowania może stanowić dość istotne źródło energii, która może być wykorzystana bezpośrednio przez urządzenia elektryczne w pojeździe lub zmagazynowana w celu jej późniejszego wykorzystania. Jednak w przypadku pojazdów ciężarowych i autobusów poruszających się w warunkach wymagających długotrwałego hamowania pojawia się problem związany z zgromadzeniem tak dużej ilości energii, co może wpływać na bezpieczeństwo przewożonych osób i ładunków.

W recenzowanej rozprawie doktorskiej Doktorant podjął się właśnie próby opracowania systemu zarządzania energią w pojazdach elektrycznych i hybrydowych w warunkach długotrwałego hamowania.

Jako przesłanki do zajęcia się tym problemem Autor wskazuje między innymi:

- przykłady tragicznych w skutkach wypadków autokarów w warunkach górskich, wynikające z utraty kontroli nad pojazdem spowodowane niewłaściwą techniką jazdy;
- przewidywany wzrost liczby pojazdów, w tym autobusów z napędem eklektycznym i hybrydowym;
- rozwój układów elektronicznych pozwalających na monitorowanie i szacowanie parametrów pracy poszczególnych układów pojazdu;

– liczne prace badawcze nad budową pojazdów autonomicznych.

Zatem z punktu widzenia walorów naukowych i praktycznych należy uznać, iż tematyka recenzowanej pracy doktorskiej jest aktualna i bardzo ważna. **Tematyka rozprawy spełnia zatem oczekiwania jakie stawia się tematом prac doktorskich realizowanych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Lądowa i Transport.**

Analiza rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska liczy łącznie, wraz z załącznikami 168 stron, zatem objętościowo jest dość obszerna.

Treść pracy podzielona jest na 19 ponumerowanych rozdziałów, wykaz cytowanej literatury, spis rysunków i tabel, wykaz skrótów i oznaczeń oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Struktura ocenianej rozprawy jest poprawna, a kolejność rozdziałów jest logicznie powiązana z sobą.

We wprowadzeniu (rozdział 1) Autor przedstawił informacje pozwalające czytelnikowi na wprowadzenie w tematykę rozprawy, sygnalizując problem poruszany w rozprawie.

W drugim rozdziale Doktorant przedstawił zagadnienia związane z budową pojazdów elektrycznych w tym hybrydowych, a w szczególności przedstawił podział tych pojazdów oraz opisał ich cechy funkcjonalne.

Rozdział trzeci rozprawy dotyczy opisu zagadnień związanych z regulacjami prawnymi dotyczącymi zasad homologacji pojazdów. W tej części Doktorant przedstawił podstawowe informacje dotyczące różnego rodzaju homologacji oraz dopuszczeń pojazdów do użytkowania, zarówno w zakresie prawa Europejskiego jak i krajowego. Dodatkowo przedstawiony został podział pojazdów zgodny z procesem homologacji pojazdów.

Kolejny, czwarty rozdział pracy zawiera opis testów homologacyjnych dotyczących badań skuteczności działania układów hamulcowych pojazdów kategorii M2-N3 oraz O2-O4. W tym miejscu Doktorant przedstawił kryteria i zasady oceny skuteczności funkcjonowania układów hamulcowych ciągłego działania w analizowanych kategoriach pojazdów.

W rozdziale piątym rozprawy Doktorant przedstawił uzasadnienie celowości podjęcia tematyki pracy, a także sformułował pytania badawcze, zastępujące hipotezę pracy:

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

Na zakończenie tego rozdziału Autor zamieszcza w formie rysunku plan rozprawy wraz z krótkim opisem zawartości poszczególnych rozdziałów.

Opis metod badania systemów hamulcowych analizowanych pojazdów w świetle wymagań administracyjnych zawarty jest w rozdziale szóstym.

Rozdział siódmy zawiera informacje związane z analizą energetyczną pojazdów w trakcie realizacji testów badawczych. Doktorant przedstawił również tu opis kryteriów oceny parametrycznej wartości mocy i energii poruszającego się pojazdu, a także energii traconej w elementach układu hamulca ciągłego działania w zakresie ich dostosowania do wymagań administracyjnych opartych o badania wg. testów II i IIA, odnoszące się do oceny skuteczności działania układów hamulcowych ciągłego działania.

Charakterystyka obecnie stosowanych w pojazdach układów długotrwałego hamowania zawarta jest w rozdziale ósmym. W rozdziale tym Doktorant syntetycznie omówił zalety stosowania wspomnianych układów oraz najczęściej stosowane rodzaje zwalniaczy.

Rozdział dziewiąty pracy poświęcony jest rozwojowi pojazdów elektrycznych, w tym samochodów ciężarowych i autobusów. Przedstawione zostały również trendy rozwoju i sprzedaży pojazdów elektrycznych oraz zagadnienia rozwoju infrastruktury koniecznej do ich funkcjonowania.

Dziesiąty rozdział ocenianej rozprawy zawiera analizę systemów odzysku energii hamowania, stosowanych w pojazdach samochodowych. Rozdział ten zawiera także skrótowy przegląd historycznych i aktualnie stosowanych rozwiązań w zakresie systemów odzysku i magazynowania energii traconej w trakcie hamowania pojazdu.

Jedenasty rozdział to dość szeroki opis rozwiązań układów napędowych, stosowanych w pojazdach elektrycznych i hybrydowych, jak również opis rozwiązań silników elektrycznych, akumulatorów i źródeł energii.

W rozdziale dwunastym Doktorant bardzo syntetycznie przedstawił informacje dotyczące problemów homologacyjnych akumulatorowych pojazdów elektrycznych, w zakresie długotrwałego hamowania.

Kolejny, trzynasty rozdział rozprawy zawiera analizę parametrów ruchu pojazdu poddawanego testom typu II oraz IIA oraz ocenę skuteczności funkcjonowania układu hamulcowego ciągłego działania. W rozdziale tym Doktorant przedstawił analizę zmian energii kinetycznej oraz potencjalnej hamowanego pojazdu z uwzględnieniem straty energii kinetycznej pojazdu wynikającej z działania oporów powietrza i oporów toczenia.

W rozdziale czternastym rozprawy przedstawione zostały informacje dotyczące prób dostosowania testów i wymagań administracyjnych w zakresie efektywności funkcjonowania układów hamulca ciągłego działania w odniesieniu do pojazdów elektrycznych.

Piętnasty rozdział rozprawy zawiera z kolei informacje dotyczące możliwości określenia ilości energii elektrycznej zgromadzonej w akumulatorach pojazdów samochodowych. Doktorant opisał w rozdziale tym różne metody określania współczynnika określającego ilość energii zgromadzonej w akumulatorze, jak również trudności z tym związane.

Kolejny, szesnasty rozdział to dość szczegółowa analiza materiałów stosowanych na elementy cierne układów hamulcowych.

Rozdział siedemnasty rozprawy zawiera analizę wpływu wilgotność powietrza, ciśnienia roboczego w układzie hamulcowym oraz temperatury powierzchni roboczej par ciernych, na wartość uzyskiwanego współczynnika tarcia pomiędzy powierzchniami roboczymi tej pary. Autor przedstawił również krótką analizę badań na podstawie literatury, a także własnych wyników badań eksperymentalnych.

Osiemnasty rozdział rozprawy zawiera opis koncepcji zaproponowanego przez Doktoranta rozwiązania „Estymator hamowania” pozwalającego na szacowanie stanu technicznego i możliwej do uzyskania efektywności pracy układu hamulcowego. W rozdziale tym Doktorant szczegółowo odnosi się do analizowanego problemu i badań skuteczności działania układów hamulcowych, a w tym szczególnie do badań homologacyjnych hamulców długotrwałego działania. W tej części pracy zawarte są również wskazówki do opracowania estymatora hamowania w oparciu systemy uczenia się i dane historyczne. Proponowany algorytm odnosi się do wymagań określonych przez producenta pojazdu w zakresie wartości opóźnienia hamowania, szacowanego na podstawie wartości rzeczywistych warunków pracy układu hamulcowego. Jednocześnie Doktorant wskazuje koncepcję budowy reaktywnie prostego układu pomiarowego, pozwalającego właściwie ocenić parametry pracy badanego układu. Następnie na podstawie zaproponowanego rozwiązania Autor przedstawił przykładową koncepcję, algorytmu funkcjonowania estymatora hamowania tym samym realizując postawiony wcześniej cel pracy.

Ostatni dziewiętnasty rozdział rozprawy „Podsumowanie i wnioski końcowe” stanowi podsumowanie pracy i zawiera syntetyczny opis przewidywanych efektów zastosowania zaproponowanego rozwiązania.

Zasadniczą część pracy kończy wykaz literatury, który zawiera łącznie 116 pozycji, w tym:

- około 90 to pozycje anglojęzyczne;
- około 80 pozycji młodszych niż 5 lat;
- 4 pozycje, w których doktorant jest autorem lub współautorem;

Na końcu pracy Doktorant zamieszcza spis rysunków i tabel, co według mnie jest zbędne, wykaz skrótów i oznaczeń (zasadny), ponadto streszczenia w języku polskim i angielskim.

Ocena merytoryczna rozprawy

Doktorant w swojej rozprawie podjął się aktualnego tematu badawczego, wpisującego się w dyscyplinę, w której realizowany jest przewód doktorski. Podjęty temat pracy dotyczy poprawy bezpieczeństwa przewozu osób i towarów, jak również podniesienia efektywności pracy pojazdów.

Prowadzone obecnie prace badawcze nad rozwojem napędów hybrydowych i elektrycznych z jednej strony rozwiązują istniejące problemy w klasycznych układach napędowych i hamulcowych, z drugiej zaś strony, generują nowe, niezauważone dotychczas problemy wymagające pilnego ich rozwiązania.

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy właśnie próby rozwiązania problemu rozproszenia/zmagazynowania energii w trakcie procesu długotrwałego hamowania. W celu realizacji postawionego celu, Doktorant szeroko opisał obecnie stosowane rozwiązania w pojazdach elektrycznych jak i hybrydowych. Omówił zagadnienia związane z perspektywnym zastosowaniem pojazdów autonomicznych zwracając uwagę na wynikające ze stosowania tego typu pojazdów problemy, podkreślając tym samym istotę poruszanego w pracy problemu.

Recenzowana praca stanowi spójną logicznie całość, wydaje się jednak, że niektóre z rozdziałów ze względu na małą objętość mogłyby być z sobą połączone. Przykładowo rozdział 4 (liczący 7 stron) mógłby być podrozdziałem rozdziału 3, który też dotyczy zagadnień związanych z homologacją. Podobnie rozdział 7 liczący zaledwie 2 strony mógłby być podrozdziałem, to samo dotyczy dwustronicowego rozdziału 14.

Analizowana rozprawa jest dość obszerna jak na tego typu pracę i po jej analizie wydaje się, że niektóre przedstawione w niej zagadnienia można byłoby pominąć bez umniejszania jej wartości. Przykładowo rozdział 16 dotyczący materiałów stosowanych w hamulcach ciernych pojazdów, zawierający informacje dotyczące badań metalograficznych. Pozostałe rozdziały rozprawy również często zawierają dużo informacji które nie korespondują bezpośrednio z tematem rozprawy i mogłyby być pominięte. Wydaje się natomiast, że niektóre wątki pracy mogły być bardziej rozwinięte, w szczególności dotyczy to braku szczegółowej analizy energetycznej ruchu pojazdów, braku założeń oraz przykładowej metodyki określania proponowanego estymatora hamowania.

Niezwykle istotnym aspektem rozprawy jest możliwość praktycznego wdrożenia proponowanego przez Doktoranta estymatora hamowania, co pozwala na poprawę efektywności hamowania, a tym samym poprawę bezpieczeństwa. Doktorant w rozprawie nie zaproponował konkretnego rozwiązania, a jedynie przedstawił ogólny algorytm określania estymatora hamowania słusznie podkreślając, iż w praktyce jego określenie może być realizowane na różne sposoby. W podrozdziale 18.2 przedstawił natomiast propozycję rozwiązania technicznego umożliwiającego wdrożenie zaproponowanego rozwiązania. Co istotne, zaproponowane rozwiązanie jest dość proste do wdrożenia w obecnie produkowanych pojazdach. Wydaje się, że celowe byłoby jednak przeprowadzanie choćby fragmentarycznych badań w tym zakresie, z wykorzystaniem technik symulacyjnych, potwierdzających niewątpliwą zaletę zaproponowanego rozwiązania.

Przedstawione w pracy wnioski często są zbyt ogóle i nawet jeśli sformułowane poprawnie, nie mają wystarczającego odniesienia w tekście rozprawy. Uważam również, że celowe byłoby zamieszczenie na końcu rozprawy ograniczeń oraz zastrzeżeń dotyczących

proponowanego rozwiązania, a tym samym wskazania potencjalnego kierunku dalszych badań.

W rozprawie Doktorant w kilku miejscach używa nieprecyzyjnych, a czasem błędnych określeń, przykładowo:

- s. 4. – błędnie przypisano pojazdom elektrycznym mniejszych hałas związany z współpracą opony z jezdnią;
- s. 7. – bardzo uproszczony opis działania ogniwa paliwowego, jest *”W ogniwach paliwowych na skutek reakcji chemicznej wodoru z tlenem powstaje energia elektryczna, wynikiem tej reakcji jest woda”*. W rzeczywistości „W wyniku utleniania wodoru i redukcji tlenu powstaje prąd elektryczny. Dopiero reakcja kationów wodorowych i anionów tlenowych powoduje powstawanie cząsteczki wody”;
- błędna pisownia słowa „superkondensator” (inaczej ultrakondensator) w pracy często pisana jako super-kondensator (s. 67) lub super kondensator (s. 67, 110, 113);
- s. 111. jest *„Czasami stosuje się określenie głębokości rozładowania akumulatora (DoD), które stanowi odwrotność naładowania (SoC).”* W rzeczywistości wskaźnik rozładowania jest dopełnieniem do 1 (lub 100%) wskaźnika naładowania akumulatora.

Zastrzeżenia budzi też język pracy, wydaje się że przedstawiona do oceny rozprawa nie była poddana korekcie redakcyjnej. Nader często w pracy występują zdania przez bez podmiotu, co znacznie utrudnia jej czytanie i zrozumienie. Ponadto rozprawa zawiera liczne błędy stylistyczne, literówki i sformułowania, przykładowo:

- s. 4. – „Pojazdy eklektyczne oferują możliwość”;
- s. 5. – jest „ekonomia” powinno być „ekonomika”
- s. 6. – „W pracy podjęto opracowanie wytycznych dla wdrożenia takiego rozwiązania.”;
- s. 6. – „Na podstawie publikacji niewątpliwie takim czynnikiem jest temperatura...”;
- s. 11 – „dużą liczbę”;
- s. 14. „bardzo ograniczonej liczbie”;
- s. 31. – „Odpowienia” powinno być odpowiednią
- s. 32. – „Utrata” powinno być utratą
- s. 32. – „umożliwiło by” powinno być „umożliwiłoby”;
- s. 40. – W opisie wzoru jest że wzór przedstawia wartość oporów ruchu pojazdu a wzór dotyczy energii i jest wyrażony w [J];
- s. 42. – „Na podstawie analizy głównych producentów...”;
- s. 44. – „W rezultacie znacznie skracając drogę hamowania w sytuacji, kiedy na długim zjeździe następuje z konieczności wykonania nagłego hamowania za pomocą hamulców ciernych.”;
- s. 45. – „W śród” powinno być „Wśród”;
- s. 48. – „Druga istotną cechą ..”;

- s. 53. – „Pod koniec października 2021 r. liczba elektrycznych autobusów w Polsce wynosiła 651, od stycznia do grudnia 2021 r. liczba autobusów elektrycznych wzrosła o 220 zeroemisyjnych pojazdów.”;
- s. 53. – Powtórzenie informacji o liczbie stacji ładowania pojazdów elektrycznych – dwie różne wartości prawdopodobnie z różnych okresów.;
- s. 53 – „... będą to pojazdy elektryczne lub nawet wodorowe”;
- s. 55 – „Pojazdy autonomiczne, jako przewidywana przyszłość transportu posiadają dobre strony, ale również nie należy zapominać o możliwych niebezpieczeństwach i ryzyku związanym z funkcjonowaniem takiego nowoczesnego transportu, gdzie bezwzględnie i na porządku dziennym będzie zastosowany system odzysku energii m.in z procesów hamowania.”
- s. 57. – „W przeciwnym razie nieodpowiednia reakcja pojazdu może skutkować niebezpieczeństwem, które miało być zniwelowane właśnie przez autonomiczną technologię.”
- s. 67. – „Takie urządzenia służą głównie do magazynowania dużych energii w krótkim czasie i na krótki czas.”
- s. 67. – „Napięcie w kondensatorze zmniejsza się proporcjonalnie do stanu jego rozładowania, co powoduje Wadą pracy kondensatorów jest znaczny spadek napięcia podczas wyładowania dla tego niezbędny jest konwerter DC-DC.”;
- s. 71. – „stosuje się pompę próżniową”;
- s. 74. – „Na przestrzeni lat znacznie rozwinęła się technologia w zakresie pojazdów o napędzie tylko elektrycznym (pojazdy EV) oraz hybrydowym.”;
- s. 75 – „posiada kompaktową budowę”;
- s. 77. – „Rozwiązanie stosowania silników w piastach kół pojazdu”;
- s. 77- „z prędkością obrotową przekraczającą 10 000 obr/min.”;
- s. 78 – „brak konieczności nadmiernej konserwacji”;
- s. 79 – „prosta budową”;
- s. 79. – „Kiedy prędkość obrotowa jest poniżej prędkości bazowej silnik pracuje.”;
- s. 80. – jest „Kolejną wadą jest” – niedokończone zdanie;
- s. 84. – „W przypadku silnika z magnesami trwałymi z odwróceniem strumienia FRPM, który umożliwia uzyskanie jeszcze większego momentu obrotowego niż silnik DSPM przy zachowanych rozmiarach. Jednak, z uwagi na zamocowanie magnesów trwałych powierzchni zębów stojana są bardziej podatne na częściowe rozmagnesowanie. Co w konsekwencji może prowadzić do znacznego obniżenia sprawności silnika.” – nie jasne sformułowanie
- s. 87 – „Kolejnym krokiem było wprowadzenie w sierpniu 2016 r. nowego akumulatora o pojemności energii 100 kWh o zasięgu 315 mil (507 km).”;

- s. 87. – „Tesla Corporation rozwija technologię akumulatorów litowych opartych na akumulatorach litowo-metalicznych. Ponadto, Tesla przedstawiła wyniki testów nowego ogniwa akumulatorowego, które może wytrzymać eksploatację w pojeździe elektrycznym na dystansie ponad miliona kilometrów. Zespół badawczy z Tesla Corporation nad zwiększeniem stosunku energii akumulatora / do masy oraz wydłużeniem czasu eksploatacji ogniw akumulatorowych przy jednoczesnym obniżeniu kosztów ich produkcji.”;
- s. 88 – „Opracowane akumulatory mają możliwości eksploatacji do 50 cykli ładowania.”;
- s. 94 „musza” zamiast „muszą”;
- s. 94. „W przypadku pojazdów elektrycznych wyposażonym w układ odzyskiwania energii najgorszy przypadek podczas testów hamowania długotrwałego wymaga w pełni naładowanego akumulatora trakcyjnego.”;
- s. 101. „Strategia równoległa jest strategia prostą i łatwą do sterowania”;
- s. 102. „Siła hamowania uzyskana za pomocą hamulców osi tylnej pojazdu sumuje się z siłą hamowania wytwarzaną przez układ odzyskiwania energii podczas hamowania.”
- s. 102. odwołanie do nieistniejącej literatury;
- s. 103. „Zależność wartości współczynnika tarcia a oponą w zależności od rodzaju nawierzchni przedstawiono na Rys. 13.6.”;
- s. 103. „Zazwyczaj j poślizg tylnych kół pojazdu podczas hamowania.”;
- s. 106. „W elektrycznych autobusach żeby uzyskać brak umisji stosuje się tylko elektryczne układy ogrzewania zamiast hybrydowych.”
- s. 106. „Podobnie, jak w przypadku autobusów konwencjonalnych energia sprężonego powietrza jest stosowane do napędu wielu podzespołów w pojeździe.”;
- s. 106. „W przypadku pojazdów z silnikiem spalinowym energia sprężonego powietrza wykorzystywana jest do wspomagania zmiany przełożeń w skrzyni biegów, jeżeli pojazd wyposażony w ręczną skrzynię biegów, wspomagania pracy sprzęgła.”
- s. 106. „Czołowe firmy produkujące komponenty do pojazdów elektrycznych w tym autobusów prowadzi badania nad konstrukcjami opartymi o wspomaganie elektryczne. Takie rozwiązania znane są z samochodów osobowych i lekkich samochodów ciężarowych.”;
- s. 107. „Należy uwzględnić również wentylatory układu chłodzenia niewykorzystane ciepło na zewnątrz.”
- s. 108. „Pojazd musi odpowiednie możliwości absorpcji lub rozproszenia energii równoważnej energii potencjalnej...”;
- s. 109. „Pierwszy test wykonać przy niskim stanie naładowania akumulatora, bez używania roboczego układu hamulcowego na torze o pochyleniu odpowiednim do badanego kategorii i przeznaczenia pojazdu.”;
- s. 109. „Drugi test jest przeprowadzany jest przy stanie naładowania akumulatorów.”;

- s. 110. „Dokładne określenie pozostałej do wykorzystania energii w akumulatorze ma zapobiegać zatrzymaniu pojazdu spowodowane brakiem energii przed punktem ładowania lub celem podróży.”;
- s. 118 – „maja” zamiast „mają”;
- s. 118 – „Obecnie organiczne materiały cierne nie zawierające azbestu i zwykle zużywają się szybciej niż twardsze materiały półmetaliczne, czy metaliczne.”;
- s. 123. „Jednak dobra przewodność cieplna może w pewnych warunkach doprowadzić do nagrzania elementy układu hamulcowego...”;
- s. 126. „Cechą szczególną ceramicznego materiału kompozytowego (CMC) typu C/SiC stosowanego na tarcze hamulcowe jest ich charakter ceramiczny wykonany z...”
- s. 128. „zachowuje stabilna wartość”;
- s. 129. „W przypadku zmiany ciśnienia występuje histereza pracy, a zaobserwowane zmiany wynikają z procesów zachodzących na powierzchni kontaktu tarczy z materiałem ciernym.”;
- s. 131. „Prędkość obrotowa stanowiska wynosi do 500 obr/min co odpowiada prędkości pojazdu
- s. 138. Działanie systemu umożliwi automatyczną i długotrwałe utrzymywanie pasa ruchu.”;
- s. 139. „ograniczono maksymalna prędkość”;
- s. 139. „Na podstawie tych algorytm będzie mógł oszacować maksymalne możliwe do osiągnięcia przez pojazd opóźnienie hamowania.”;
- s. 140. – „Jedną z podstawowych jest zależność siły hamowania pojazdu od temperatury.”;
- s. 140. – „Charakterystyka będzie stanowiła dane wejściowe do określenia pozostałej siły hamowania.”;
- s. 142. – „Z drugiej strony takie opóźnienie mogłoby być uwagi na praktycznie liniową zależność pomiędzy ciśnieniem w układzie hamulcowym, a uzyskiwanym opóźnieniem pojazdu dla hamulców tarczowych oraz praktycznie liniową charakterystyką dla bębnowych mechanizmów hamulcowych typu Simplex powszechnie stosowanych w pojazdach, na podstawie kilku punktów możliwe jest wykonanie interpolacji opóźnienia pojazdu w funkcji ciśnienia w układzie hamulcowym.”
- s. 143. – „Ze względów bezpieczeństwa nie będzie wykonywana ekstrapolacji danych.”;
- s. 143. „zakładając praktycznie liniowa charakterystykę”;
- s. 144. – „zgodnie z wiedza literaturową”;
- s. 145. – „Sposób montażu przedstawiono na rysunku 18.3”;
- s. 150. – „przed utrata siły hamowania”.

Oceniając pracę na szczególne podkreślenie zasługuje dobra znajomość przez Doktoranta zagadnień związanych z homologacją pojazdów oraz udział w pracach grupy

robotycznej ONZ ds. pojazdów autonomicznych i połączonych (GRVA), co dowodzi uznania wiedzy i doświadczenia Doktoranta w środowisku międzynarodowym w zakresie jego zainteresowań naukowych.

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy chciałbym prosić Doktoranta o wskazanie ograniczeń i zagrożeń wynikających z praktycznego zastosowania zaproponowanego w pracy rozwiązania.

Konkluzja

Zawarte w mojej recenzji uwagi krytyczne nie wpływają jednak na ogólną pozytywną ocenę rozprawy, a często uwagi te mają charakter dyskusyjny.

Biorąc zatem pod uwagę omówione i ocenione wyżej rezultaty rozprawy doktorskiej stwierdzam, iż rozprawa doktorska **mgr inż. Artura Gołowicza, pt. „Systemy zarządzania energią hamowania pojazdów elektrycznych i hybrydowych”** spełnia wymogi stawiane pracom na stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, w rozumieniu 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). Wniosuję zatem o **dopuszczenie mgr inż. Artura Gołowicza do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.**

