

dr hab. inż. Marcin Noga, prof. PK
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
Wydział Mechaniczny
Katedra Pojazdów Samochodowych
Al. Jana Pawła II 37
31-864 Kraków

Kraków, 14.02.2025 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Bartłomieja Urbańskiego
pt. „Badania i wdrożenie alternatywnego układu napędowego
w sporcie samochodowym”**

1. Podstawa wykonania recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie zlecenia Pani dr. hab. inż. Alicji Piaseckiej-Belkhat, prof. PŚ, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej (pismo RDJMe.512.17.2024 z dnia 23.10.2024).

2. Charakterystyka zawartości pracy

2.1. Objętość i podział pracy

Praca doktorska mgr. inż. Bartłomieja Urbańskiego została napisana w języku polskim, liczy 116 stron i jest podzielona na 7 rozdziałów, w tym rozdział zawierający podsumowanie i wnioski oraz bibliografię pracy. W dokumencie przedstawionym do recenzji Autor nie zamieścił streszczenia pracy w języku angielskim.

2.2. Opis treści rozdziałów

W rozdziale 1 pt. „Wprowadzenie” Doktorant przedstawił tło swoich rozważań. W esencjonalny sposób przybliżono charakterystykę wybranych dyscyplin sportu samochodowego, ze szczególnym uwzględnieniem rajdów samochodowych. W dalszej części przedstawiono podstawowe specyfikacje i ograniczenia aktualnie stosowane w odniesieniu do poszczególnych grup samochodów rajdowych, w tym także klas obejmujących samochody z alternatywnymi układami napędowymi. Autor określił również plany Międzynarodowej Federacji Samochodowej (FIA) w zakresie stopniowego rozpowszechniania układów napędu elektrycznego i hybrydowego w grupach, gdzie dotychczas samochody rajdowe są napędzane silnikami spalinowymi. Podrozdział 1.4 przedstawia poszczególne układy alternatywne do silnika spalinowego jako jedyne źródła napędu pojazdu oraz dostarcza informacji na temat historii ich zastosowania w pojazdach. W tym też miejscu Autor dokonuje oceny alternatywnych układów napędowych w aspekcie ich sprawności całkowitej i ekwiwalentnej emisji CO₂, którą słusznie związane z metodami wytwarzania energii elektrycznej na danym obszarze. W ostatniej części rozdziału 1 Doktorant przedstawia cel, zakres oraz tezę swojej rozprawy doktorskiej.

Biurowo Dziekana

Rozdział 2 zatytułowano „Wybór alternatywnego układu napędowego z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej”. Przedstawiona analiza dotyczyła oceny możliwości zastosowania wybranych, alternatywnych układów napędowych do wcześniej zdefiniowanej grupy samochodów rajdowych Rally3, które dotychczas są napędzane tylko silnikami spalinowymi. Ocenie poddano elektryczny (BEV), niepełny hybrydowy (mHEV) i hybrydowy układ napędowy (HEV). Na przykładzie wybranych dostępnych obecnie modeli samochodów kilku segmentów, zidentyfikowano aktualne możliwości w zakresie budowy alternatywnego układu napędowego pojazdu grupy Rally3, a następnie zdefiniowano i omówiono kryteria oceny wraz z przyjętymi wagami. Kolejna część rozdziału 2 zawiera opis i uzasadnienie ocen analizowanych układów napędowych przyznanych dla poszczególnych kryteriów. Wynikiem oceny jest wybór dla samochodu grupy Rally3 układu napędowego typu mHEV pracującego z napięciem roboczym 48V. W ramach tego systemu przewidziano zastosowanie prądnico-rozrusznika zamontowanego do silnika w miejscu klasycznego alternatora (BISG), elektrycznie napędzanej dodatkowej sprężarki powietrza uzupełniającej działanie klasycznej turbosprężarki oraz baterii trakcyjnej zintegrowanej z przetwornicą napięcia pozwalającą na zasilanie w pojeździe odbiorników 12V. Specyfikacja parametrów technicznych podstawowych komponentów systemu została przedstawiona w pracy w tabeli 19. W tej części dokumentu zdefiniowano również funkcje maszyny elektrycznej BISG oraz markę i model samochodu rajdowego, do którego adresowany przedmiotowy układ napędowy – Ford Fiesta ST Rally3 EVO.

Rozdział 3 dotyczy badań symulacyjnych przeprowadzonych na modelu numerycznym wybranego samochodu rajdowego. Autor zdecydował się na wykorzystanie zero-/jednowymiarowego programu symulacyjnego CruiseM firmy AVL. Budowa modelu i faza symulacji zostały poprzedzone badaniami eksperymentalnymi silnika i jego układu doładowania prowadzonymi w hamowni silnikowej, co miało na celu zebranie jak największej liczby rzeczywistych pomiarów stanowiących zestaw danych wejściowych do modelu numerycznego. Potrzebne dane komponentów układu hybrydowego zostały zaczerpnięte z specyfikacji tych urządzeń udostępnionych przez ich producentów. Same badania symulacyjne podzielono na dwie części. W pierwszej Autor skupił się na badaniach działania silnika i układu napędowego pracujących w różnych możliwych konfiguracjach, w ustalonym cyklu pomiarowym. Druga część przeprowadzonych symulacji dotyczy własności trakcyjnych samochodu i parametrów energetycznych układu napędowego uzyskanych dla dwóch różnych założonych tras odcinka specjalnego. Wyniki badań symulacyjnych pozwoliły na określenie algorytmu działania systemu. Stwierdzono, że bezpośrednie wspomaganie pracy silnika spalinowego poprzez maszynę BISG jest niecelowe, gdyż przynosi niedostateczne rezultaty. Zdecydowanie korzystniejsze jest wykorzystanie energii wytwarzanej przez BISG (np. podczas hamowania pojazdu z odzyskiem energii) do zasilania sprężarki elektrycznej, co wyraźnie zwiększa moment obrotowy silnika w jego nieustalonych stanach pracy, a to przyczynia się do istotnego skrócenia czasu przejazdu założonej trasy. Na podstawie uzyskanych rezultatów

ustalono też, że wskazane wcześniej komponenty zostały dobrane poprawnie do analizowanej aplikacji. Dotyczy to zwłaszcza zastosowanej baterii akumulatorów 48V.

Rozdział 4 poświęcono prezentacji przeprowadzonych badań eksperymentalnych silnika wyposażonego w opracowywany system. Na wstępie Autor bardzo krótko opisuje proces integracji komponentów systemu do silnika badawczego oraz ich wzajemnego skomunikowania przy wykorzystaniu samochodowej magistrali CAN. W dalszej części przedstawiono wyniki, które dotyczą programu badań w założeniu zbieżnego z wykonanymi wcześniej symulacjami. Na stanowisku hamowni silnikowej prowadzono badania silnika spalinowego pracującego z różnymi konfiguracjami systemu doładowania i analizowanego systemu mHEV. Zaprezentowane wyniki dotyczą nieustalonych stanów pracy silnika. Cykl, według którego prowadzono badania, jest, jak to określił Autor, bardzo zbliżony do używanego podczas prac symulacyjnych, jednak jego dokładny przebieg nie został ujawniony w rozdziale 4 pracy. Wyniki pomiarów i obliczeń dotyczące pracy silnika w stanie nieustalonym zostały przedstawione na dwóch wykresach i w dwóch tabelach. Analizie poddano przebiegi ciśnienia doładowania i ściśle związane z nimi przebiegi momentu obrotowego silnika w funkcji czasu trwania cyklu. W tabelach zestawiono porównanie maksymalnego momentu obrotowego oraz zmianę średniej wartości sprawności uzyskiwanej przez silnik w poszczególnych konfiguracjach układu doładowania i systemu ALS. Autor nie precyzuje, jakiego rodzaju sprawność była analizowana, ale na podstawie dostarczonych danych i komentarzy można domniemywać, że jest to sprawność ogólna silnika. Dla tej samej części badań stanowiskowych prowadzonych w nieustalonych stanach pracy silnika analizie poddano emisje toksycznych składników spalin oraz dwutlenku węgla. Emisje te zostały określone na podstawie pomiaru udziałów objętościowych wybranych składników spalin suchych i przy wykorzystaniu metody obliczeniowej wykorzystującej bilans pierwiastka węgla. W końcowej części rozdziału Autor zaprezentował wyniki badań drogowych samochodu rajdowego z działającym i niedziałającym systemem podtrzymania pracy turbosprężarki ALS. Analizie porównawczej poddano zużycie paliwa uzyskane na odcinku testowym oraz uśrednione dla całego cyklu wartości temperatury czynnika chłodzącego oraz oleju silnikowego. W podsumowaniu tej części pracy Doktorant, na podstawie wcześniejszych ustaleń, stwierdził, że zastosowanie w samochodzie rajdowym systemu będącego przedmiotem opracowania pozwoliłoby zmniejszyć zużycie paliwa oraz emisję szkodliwych składników spalin. Praca nie dostarcza natomiast jednoznacznych informacji, że opracowywany system mHEV został ostatecznie zainstalowany i uruchomiony w samochodzie rajdowym grupy Rally3, dla którego jest przewidziany.

W rozdziale 5 pracy przybliżono kwestie bezpieczeństwa użytkowania samochodu rajdowego z opracowanym układem napędowym oraz zdefiniowano obszar zmian w przepisach regulujących organizację rajdów dla samochodów wyposażanych w przyszłości w system mHEV. W części dotyczącej przygotowania procedur bezpieczeństwa dla samochodu rajdowego z nowym układem napędowym Autor określił nowe ryzyka wynikające głównie z zastosowania instalacji elektrycznej pracującej przy podwyższonym napięciu oraz przedstawił propozycje szkoleń adresowanych do różnych grupy odbiorców mogących mieć kontakt z

pojazdem z systemem mHEV. W części związanej z procedurami legislacyjnymi Doktorant przedstawił wszystkie przepisy, w obszarze których konieczna jest modyfikacja, a także zaproponował wprowadzenie konkretnych zmian tak, aby w przyszłości samochody rajdowe mogły być wyposażone w układ napędowy mHEV.

W rozdziale 6 Autor przedstawił podsumowanie i wnioski wynikające z realizacji pracy doktorskiej. Ze względu na charakter rozprawy wnioski zostały podzielone na te o charakterze naukowym oraz o charakterze wdrożeniowym. Ogólnie ujmując, wnioski sformułowane w obu grupach są adekwatne do przesłanek i jasno wynikają z ustaleń Doktoranta przedstawionych w pracy. Autor trafnie zauważył, że wybrany typ układu hybrydowego, ze względu na łatwość adaptacji do istniejących rozwiązań, może podlegać szybkiemu wdrożeniu do samochodów rajdowych, a cechy systemu mogą mieć pozytywny wpływ na uatrakcyjnienie rywalizacji sportowej, ale przede wszystkim na ograniczenie negatywnego wpływu sportów samochodowych na środowisko. Na koniec rozdziału 6 Doktorant zaproponował kierunki dalszych badań nad przygotowanym systemem obejmujące przede wszystkim optymalizację algorytmu sterowania sprężarką elektryczną w celu przyspieszenia jej działania w warunkach niedostatku ciśnienia doładowania oraz ograniczenia zużycia energii elektrycznej, gdy sprężarka pracuje w trybie utrzymania gotowości do pracy.

Ostatni, siódmy rozdział zawiera bibliografię pracy. Autor odwołał się łącznie do 84 źródeł, które zostały ułożone w kolejności pojawiania się cytowań w dokumencie. Literatura obejmuje artykuły naukowe, pozycje książkowe, różnego rodzaju akty i regulacje prawne oraz strony internetowe, w przypadku których podano datę dostępu do źródła. Spis literatury został przygotowany w sposób przejrzysty i zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami dla tego typu prac. Poszczególne wpisy są kompletne i, w razie potrzeby, kierują czytelnika bezpośrednio do danego źródła. Prawie wszystkie cytowane dokumenty zostały opublikowane po roku 2000, a znaczna ich część pochodzi z ostatnich kilku lat. Charakter źródeł, do których odwołał się Autor, jest w pełni zgodny z treścią rozprawy doktorskiej.

2.3. Ocena przyjętego układu pracy

Układ pracy jest w przeważającej części prawidłowy. Zastrzeżenia budzi jedynie fakt umieszczenia celu, zakresu i tezy pracy jako ostatniej części rozdziału 1 „Wprowadzenie”. Powoduje to, że kluczowe komponenty rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Bartłomieja Urbańskiego są stosunkowo słabo wyeksponowane. Należy jednak zauważyć, że poza tym praca jest przygotowana w sposób, który nie utrudnia rozgraniczenia oryginalnych, własnych osiągnięć Autora i miejsc, gdzie prowadzi On analizę istniejącego stanu techniki, czy uwarunkowań legislacyjnych w przedmiotowym obszarze.

2.4. Poprawność językowo - stylistyczna

Praca została w większej części napisana w sposób jasny, nieutrudniający czytelnikowi zrozumienia intencji Autora. W tekście pojawia się pewna liczba błędów o charakterze interpunkcyjnym, ortograficznym, czy typograficznym. W niektórych przypadkach błędy mają charakter stylistyczny, bądź wynikają z prawdopodobnie niedokończonej korekty redakcyjnej

tekstu. Znaleziono błędy o wyżej wymienionym charakterze zostały przedstawione w dalszej części recenzji, podobnie jak ocena terminologii użytej w pracy.

2.5. Materiał ilustracyjny pracy i zestawienia tabelaryczne

Materiał ilustracyjny zamieszczony w pracy obejmuje łącznie 42 rysunki, do których zaliczają się wykresy, schematy oraz zdjęcia. Ilustracje są dobrej jakości, jak również czytelne. Dokument zawiera także 32 zestawienia tabelaryczne. Numeracja rysunków i tabel ma charakter ciągły dla całej pracy. Autor nie zdecydował się na zastosowanie numeracji ilustracji i tabel przypisanych do numeru rozdziału pracy, w którym je umieszczono. Może to mieć pewien negatywny wpływ na orientację czytelnika w zawartości pracy.

3. Cel i teza pracy

Jak wspomniano wcześniej, cel pracy został zaprezentowany w końcowej części rozdziału 1 dotyczącego wprowadzenia czytelnika do treści rozważań, podobnie też jak teza pracy, którą Autor zdecydował się postawić. Dla lepszego wyeksponowania kluczowych przeciw części rozprawy byłoby korzystniej, gdyby przedstawiono je w osobnym rozdziale pracy. W obecnej formie można odnieść wrażenie, że ich rola w przedstawionym do recenzji dokumencie nie jest odpowiednio istotna.

Cel rozprawy przedstawiony na stronie 30 został sformułowany w sposób nie do końca precyzyjny, jeśli zestawie go z treścią całości pracy i jej tytułem. W tytule Autor wspomina o wdrożeniu systemu do sportu samochodowego, natomiast w celu pracy fakt wdrożenia nie został już wyeksponowany. Wynika to też z treści pracy. Zaproponowany układ mHEV został zademonstrowany i był badany w warunkach laboratorium, na stanowisku hamowni silnikowej. Ostatecznie więc system nie został uruchomiony w samochodzie rajdowym, stąd o wdrożeniu do sportu samochodowego można dopiero prognozować, ale nie można tego faktu stwierdzić. Dodatkowo, na stronie 33 pracy (wiersz 15 od góry) Autor stwierdza, że celem „doktoratu jest jednak wdrożenie alternatywnego układu napędowego...”. Nawiązuje to do oczekiwań czytelnika zawartych w tytule pracy. Przedstawiona powyżej niekonsekwencja powoduje niepewność, co ostatecznie było celem podjętej pracy i w takim razie, na ile cel ten został ostatecznie zrealizowany.

W odniesieniu do tezy pracy należy stwierdzić, że została ona określona w sposób poprawny. W swojej zasadniczej części teza odnosi się do ustaleń opisujących stan faktyczny przedstawionych w rozdziale 1 pracy, gdzie wskazano przyszłościowe kierunki rozwoju w sporcie samochodowym, nawiązujące do światowych trendów w rozwoju motoryzacji.

4. Nowość i oryginalność pracy

Autor podjął się realizacji oryginalnego zadania w dyscyplinie szeroko pojętej inżynierii mechanicznej, ze szczególnym uwzględnieniem obszaru współczesnych źródeł napędu pojazdów. System, którego opracowanie było celem niniejszej pracy, wykazuje istotnie odmienne cechy od podobnych układów stosowanych aktualnie w samochodach

przeznaczonych do normalnego użytkowania. Ze względu na charakter pracy silnika spalinowego w samochodach rajdowych, powielenie struktury i koncepcji pracy niepełnego układu napędu hybrydowego zwykle znajdujących zastosowanie w samochodach przeznaczonych do codziennego użytku byłoby nieefektywne ze względu na niewielką moc maszyny elektrycznej montowanej do silnika spalinowego w miejscu klasycznego alternatora. Realizacja pracy i jej ostateczny efekt pozwoliły na wykazanie, że najkorzystniejszym sposobem wykorzystania energii odzyskiwanej w procesie hamowania pojazdu będzie użycie jej do zasilania sprężarki elektrycznej działającej okresowo w układzie doładowania silnika. Zastosowanie dodatkowej sprężarki napędzanej elektrycznie wpływa znacząco na osiągi silnika w stanach przejściowych, a także pozwala na zmniejszenie ogólnej emisji spalin przez samochód rajdowy. Powyżej opisane ustalenia stanowią ważny wkład Autora w rozwój źródeł napędu pojazdów drogowych, co leży w obszarze inżynierii mechanicznej.

5. Wartość użytkowa pracy

Analiza treści rozprawy przedstawionej do recenzji wskazuje, że wnosi ona do istniejącego stanu techniki nowe wartości użytkowe. W szczególności są to:

- opracowanie zero-/jednowymiarowego modelu proponowanego układu napędowego i integracja z modelem samochodu rajdowego w środowisku symulacyjnym AVL CruiseM, które to modele mogą być wykorzystywane w procesie dalszego rozwoju zarówno samego układu napędowego, jak też i kompletnego pojazdu,
- zaprojektowanie, wykonanie i przeprowadzenie w warunkach laboratoryjnych badań prototypu proponowanego układu napędowego, który jest aktualnie gotowy do integracji w samochodzie rajdowym grupy Rally3.
- określenie obszarów i propozycji wymaganych modyfikacji przepisów i regulacji prawnych dotyczących wdrożenia przedmiotowego systemu do sportu samochodowego, szczególnie w obszarze rywalizacji prowadzonej w dyscyplinie rajdów samochodowych.

6. Uwagi szczegółowe do pracy

Analiza treści przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej pozwoliła na sformułowanie następujących uwag o charakterze merytorycznym:

- str. 23 – akapit pod tabelą 9: Przedstawiony wzrost liczby samochodów nie zgadza się z danymi w tabeli.
- str. 24 – Autor utożsamiał hybrydowe układy napędowe pojazdów jedynie z układami o strukturze równoległej. Brakuje informacji odnośnie możliwości zastosowania układów hybrydowych o strukturze innej niż równoległa (szeregowo, szeregowo – równoległe).
- str. 25 – Wedle dostępnych informacji i obecnie przyjętej klasyfikacji układów napędowych Lohner-Porsche Mixte to raczej pojazd z szeregowym układem napędu hybrydowego, a nie pojazd elektryczny o rozszerzonym zasięgu (EREV). Rozróżnienie wynika głównie z

wzajemnych proporcji wielkości baterii akumulatorów trakcyjnych i mocy generatora napędzanego silnikiem spalinowym.

- str. 36 i 37 – W tabelach 12 i 14 podano wartości napięcia nominalnego instalacji dla kilku modeli samochodów. W przypadku obu modeli samochodów z grupy BEV podana wartość napięcia jest istotnie zaniżona w stosunku do wartości rzeczywistych.
- str. 47 – Autor nie przedstawił wystarczających informacji na temat kryteriów wyboru komponentów systemu przedstawionych w tabeli 19. Ponadto, specyfikacje techniczne przedstawione w tabeli 19 są stosunkowo mało szczegółowe jak na charakter pracy. W pracy brakuje też szczegółowego opisu poszczególnych komponentów wraz z prezentacją ich dostępnych charakterystyk i cech specyficznych.
- str. 48 i 49 – W pracy nie zamieszczono opisu stanowiska badawczego wykorzystanego do przeprowadzenia pomiarów charakterystyk silnika samochodu badawczego. Ponadto celowe byłoby zamieszczenie w pracy wybranych wyników tych pomiarów (np. zarejestrowane wykresy momentu obrotowego, mocy, zużycia paliwa, ciśnienia doładowania), a nie ograniczanie się jedynie do opisu metodyki badań eksperymentalnych stanowiących podstawę do opracowania modelu symulacyjnego silnika i pojazdu.
- str. 48 wld: Autor wspomina o charakterystykach prędkościowych silnika, natomiast z informacji dostarczonych w opisie metodyki pomiarów wynika, że podczas pomiarów były sporządzane charakterystyki obciążeniowe.
- str. 54 – Dane w tabeli 20 dotyczące wzniosu zaworów dla poszczególnych cylindrów silnika różnią się istotnie między sobą. Z czego to wynika?
- str. 54 – Wydzielanie ciepła – sam opis pozostawia pewien niedosyt, ponieważ nie poparto go żadnym przykładem.
- str. 55 – Przedstawiony opis podejścia do zagadnienia modelowania pracy turbosprężarki jest niejasny.
- str. 78 – Badania eksperymentalne – w pracy nie zamieszczono opisu stanowiska badawczego i jego komponentów.
- str. 79 – Rysunek 30 jest powtórzeniem rysunku 10.
- str. 80 – Opis integracji komponentów, a zwłaszcza ich skomunikowania przy użyciu sieci CAN jest bardzo lakoniczny. Wedle doświadczenia recenzenta mogło to być jedno z większych i ciekawszych wyzwań podczas realizacji pracy, podczas gdy ostatecznie Autor poświęcił temu zagadnieniu około pół strony tekstu.
- str. 81 – Rysunek 31 jest pozbawiony wymaganej legendy.
- str. 83 – Rysunek 33 – dla pełnego obrazu sytuacji wymagane byłoby przedstawienie na osobnym wykresie przebiegu prędkości obrotowej silnika oraz wartości współczynnika nadmiaru powietrza.
- str. 86 – Opis obliczeń i porównania sprawności silnika jest niepełny i niejasny. Wskazane byłoby przedstawić również przebiegi zużycia paliwa, które stanowiły podstawę do obliczeń.

- str. 86 i 87 – Autor wspomina, że dokładność uzyskanych wyników pomiarów jest nieznana, co raczej nie jest prawdą. Tego typu informacje są podawane w specyfikacji aparatury pomiarowej. Istnieją też metody, które pozwalają oszacować maksymalną niepewność określenia danej wielkości, gdy jest ono oparte na pomiarach kilku innych wielkości fizycznych. Tabela 29 zdaje się dotyczyć analizy błędów, ale nie wiadomo, dlaczego Autor przyjął takie a nie inne wartości i jak są one ze sobą powiązane. Przedstawione informacje są zasadniczo niejasne.
- str. 87 w7d: Analizatory spalin tego typu najczęściej obliczają wartość współczynnika nadmiaru powietrza przy użyciu równania Brettschneidera.
- str. 88 – Autor wskazuje na uśrednianie wyników pomiarów składu spalin dla całego cyklu pomiarowego, nie jest jednak jasne, jak te wyniki były rejestrowane i jak ostatecznie długi był sam cykl. Biorąc pod uwagę typ zastosowanego analizatora, tego typu podejście może powodować bardzo duże błędy pomiaru. Przede wszystkim, bardzo istotne znaczenie ma fakt, że zastosowany analizator nadaje się jedynie do prowadzenia pomiarów w ustalonych stanach pracy silnika. Istotne znaczenie ma tu na pewno długość przewodu gazowego łączącego układ wylotowy silnika z analizatorem oraz to, że poszczególne tory pomiarowe mają różne od siebie czasy ustalania wyników pomiaru udziału objętościowego danego gazu. Reasumując, przyjęcie metodyki takiej, jak została ona opisana w pracy daje w efekcie wyniki obciążone niepewnością, która jest bardzo trudna do oszacowania, może też być inna w każdym z analizowanych przypadków. W pewien sposób cenne byłoby tu także przedstawienie danych wejściowych do prowadzonej analizy (udziały objętościowe poszczególnych składników zmierzone w trakcie trwania cyklu pomiarowego).
- str. 88 – Autor wspomina o przyjęciu składu benzyny z na podstawie źródeł literaturowych, ale nie ujawnia, jaki jest ostatecznie użyty skład paliwa. Biorąc pod uwagę zastosowane podejście, istotne znaczenie dla uzyskanych wyników ma udział wodoru, tlenu i wody w paliwie.
- str. 90 w5-6d: „obliczenia emisji tlenu węgla wykonano dla założenia całkowitego i zupełnego spalania paliwa”. Nasuwa się pytanie, czy Autor na pewno miał na myśli tlenek węgla? Ponadto, nie jest zrozumiałe podejście zakładające uzyskanie spalania całkowitego i zupełnego, podczas gdy silnik jest zasilany mieszanką bogatą. Wymagałoby to dostarczenia dodatkowej ilości tlenu z zewnątrz. W ten sposób zaburzony zostaje cały analizowany bilans.
- str. 93 – Badania samochodu rajdowego – w pracy nie zamieszczono wystarczająco jasnych informacji, dlaczego opracowany układ napędu hybrydowego ostatecznie nie został zainstalowany do pojazdu badawczego i, tym samym, nie zostało zademonstrowane jego użycie w warunkach rzeczywistego środowiska operacyjnego.

7. Terminologia

W większej części pracy Autor używa poprawnych terminów technicznych, niemniej jednak w niektórych przypadkach można znaleźć w tekście sformułowania żargonowe, np. obroty w

znaczeniu prędkości obrotowej, silnik benzynowy zamiast silnika z zapłonem iskrowym, silnik wysokoprężny zamiast silnika z zapłonem samoczynnym, czy konsumpcja paliwa jako jego zużycie. W zasadzie w całej pracy Autor stosuje też termin kompresor elektryczny, zamiast prawidłowego terminu sprężarka elektryczna, albo sprężarka z napędem elektrycznym. W wielu przypadkach w znaczeniu „rozwiązanie” nadużywany jest też termin „technologia”. Podobnie, bardzo ogólny termin „dynamika” Autor używa w znaczeniu własności trakcyjnych pojazdu, czy też jego osiągow.

8. Uwagi redakcyjne

Podczas lektury niniejszej rozprawy doktorskiej zidentyfikowano następujące nieprawidłowości dotyczące warstwy redakcyjnej i stylistycznej pracy:

- str. 7 w5-6g: sformułowanie „wręcz na wyciągnięcie ręki” nieodpowiednie ze względu na charakter pracy,
- str. 7 wiersz 12 od dołu: jest „Sportowymi”, powinno być „Sportowym”,
- str. 8 w11d: stylistyka, słowo „stanowi” nie jest tu odpowiednie, ze względu na wcześniejsze użycie słowa „Zgodnie”,
- str. 9 w1d: jest „rajdy”, powinno być „rajdu”,
- str. 16 w4g: termin „spektakularne samochody” nieodpowiedni ze względu na charakter pracy,
- str. 17 w3d: termin „tunerów” nieodpowiedni ze względu na charakter pracy,
- str. 20 w11g: jest „wyposażone”, powinno być „wyposażony”,
- str. 21 w7g: jest „Zapłonem Iskrowym”, powinno być „zapłonem iskrowym”,
- str. 23 w12d: brak pytańnika na końcu zdania,
- str. 26 w11d: jest „Te”, powinno być „Ta”,
- str. 28 w2g: nieprawidłowa jednostka mocy,
- str. 35 w3g: sformułowanie „Pewne pole manewru” nieodpowiednie ze względu na charakter pracy,
- str. 37 w3d: jest „w klasie bardzo utrudniona”, powinno być „w klasie jest bardzo utrudniona”,
- str. 44 w13g: sformułowanie „bardzo przyjazne w montażu” nieodpowiednie ze względu na charakter pracy,
- str. 44 w8-9g: „pod kątem” dwa razy w jednym zdaniu,
- str. 53 w11g: jest „kilku”, powinno być „kilka”,
- str. 53 w11d: termin „dostrojone” nieodpowiedni ze względu na charakter pracy,
- str. 54 w4g: jw.,
- str. 55 w3d: brak ROHR w spisie użytych oznaczeń,
- str. 56 w13d: sformułowanie „silnik był na obrotach biegu jałowego” nieodpowiednie ze względu na charakter pracy,
- str. 67 w17d: jest „tryby”, powinno być „trybu”,

- str. 68 w9-10g: „Przebieg OS...” – powinna być użyta liczba mnoga, zdanie dotyczy 2 OS,
- str. 69 w9g: jest „programy”, powinno być „ programu”,
- str. 77 w8g: termin „przewymiarowana” nieodpowiedni ze względu na charakter pracy,
- str. 77 w11d: jest „Odcinka Specjalnego”, powinno być „odcinka specjalnego”, to nie jest nazwa własna,
- str. 80 w2g: jest „zwrotnego”, powinno być „ zwrotny”,
- str. 80 w13g: jest „sposobie”, powinno być „ sposobu”,
- str. 87 w3 pod tabelą: jest „korzystnym”, powinno być „ korzystnego”,
- str. 89 w2d: jest „obliczono”, powinno być „ obliczona”,
- str. 89 w2d: jest „podstechiometryczną”, powinno być „ bogatą”,
- str. 89 w7g: „charakteryzują się odmienną charakterystyką” – wymagana zmiana formy zdania,
- str. 96 w10g: jest „porównujące”, powinno być „ porównując”,
- str. 96 w12g: nieprawidłowy separator dziesiętny,
- str. 100 w4g i dalej: powtórzenie słowa „należy” oraz jednoczesne użycie kropki i numerów do wyliczenia punktów
- str. 100 w8d: jest „wprowadzenie”, powinno być „wprowadzenia”,
- str. 100 w7d: jest „Zaplanowano”, powinno być „ Zaplanowane”,
- str. 101 w1g: jest „przeznaczone”, powinno być „przeznaczona”,
- str. 106 w6g: jest „opracowane”, powinno być „ opracowanego”,
- str. 107 w1-2g: pierwsze zdanie akapitu niekompletne.

Uwaga generalna do całej pracy: Autor pracy stosunkowo często używa terminu „ilość” zamiast „liczba” w odniesieniu do rzeczowników policzalnych, co jest nieprawidłowe.

W tekście pracy jest też stosunkowo dużo błędów interpunkcyjnych, niemniej jednak ze względu na ich liczbę, nie zostały one przedstawione w niniejszej recenzji.

9. Podsumowanie i ocena ogólna pracy

W swojej pracy doktorskiej mgr inż. Bartłomiej Urbański podjął się realizacji aktualnego i ważnego problemu naukowego z obszaru inżynierii mechanicznej. Efektem rozprawy jest opracowanie oryginalnego hybrydowego układu napędowego, gotowego do wdrożenia w sporcie samochodowym. Potwierdza to fakt opanowania przez Autora w wystarczającym zakresie naukowych metod badawczych, zarówno eksperymentalnych, jak też i z obszaru modelowania i symulacji. Przedstawione w recenzji uwagi mają różny charakter, w pewnej części dyskusyjny i nie zmniejszają w wyraźnym stopniu ogólnej wartości pracy. Sprawia to, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i tym samym może zostać dopuszczona do publicznej obrony.

Prof. M. Noga

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)