

Dr hab. inż. Arkadiusz Gola, prof. uczelni  
Politechnika Lubelska  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 Lublin

Lublin, 21.06.2023 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Barcika

pt.: „**Metoda pozyskiwania informacji eksploatacyjnych w układach mechatronicznych**”

(recenzja wykonana na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna – Prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak nr RDIME.512.26.2022 z dnia 29 marca 2023 roku.

### 1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy

Wymagania dotyczące ochrony środowiska naturalnego oraz służące temu regulacje prawne wyznaczają kierunek mający na celu wyeliminowanie z ruchu drogowego środków transportu napędzanych silnikami spalinowymi oraz zastąpienie ich tzw. pojazdami zeroemisjami. Porozumienie Paryskie, Strategia na Rzecz Zrównoważonej i Inteligentnej Mobilności a także Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2019 r., poz. 1124) w sposób jednoznaczny nakładają obowiązek wdrażania nowych rozwiązań transportowych (w tym ograniczenie zapotrzebowania na transport drogowy poprzez zastępowanie go innymi, mniej energochłonnymi środkami transportu oraz wymianą floty na samochody zasilane alternatywnymi lub mieszanymi źródłami energii). Biorąc pod uwagę, iż oceniana rozprawa doktorska skupia się na aspekcie pozyskiwania danych oraz informacji eksploatacyjnych ze złożonych systemów mechatronicznych należących do grupy pojazdów elektrycznych EV (a w szczególności na problematyce gromadzenia danych z pojazdów, w których nastąpiła wymiana układów spalinowych na zasilanie elektryczne) – tematyka pracy bez wątpienia wpisuje się w aktualne potrzeby i kierunki badawcze.

Podkreślenia wymaga również fakt, iż produkowane i wykorzystywane obecnie pojazdy samochodowe (w tym również samochody ciężarowe, autobusy i minibusy) w znacznej większości charakteryzują się wysokim stopniem cyfryzacji systemów sterowania, co w praktyce oznacza iż prawidłowa ich eksploatacja (w tym również diagnostyka i eliminacja

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 08 VII 2023  
RDIME/187/571/2023  
nr ..... zał. ....

usterek) w dużej mierze uzależniona jest od dostępu i możliwości przetwarzania danych pomiarowych zarejestrowanych w trakcie użytkowania pojazdu. Tym samym próba opracowania metody pozyskiwania informacji eksploatacyjnych z tego typu pojazdów jest jak najbardziej uzasadniona.

## 2. Ocena struktury i zakresu pracy

### 2.1. Zakres i struktura pracy

Opiniowana praca liczy 150 stron i składa się z zestawienia najważniejszych skrótów wykorzystywanych w pracy, wstępu (oznaczonego jako rozdział 1), 4 rozdziałów, podsumowania i wniosków końcowych, spisu bibliografii, załącznika (zawierającego 10 szczegółowych algorytmów opisanych w treści pracy), oraz streszczeń w języku polskim i angielskim.

We wstępie dokonano ogólnego opisu problematyki podjętej w ocenianej pracy oraz scharakteryzowano zawartość poszczególnych rozdziałów pracy.

W rozdziale 2 – mającym charakter teoretyczny – przedstawiono informacje z zakresu trendów oraz celów redukcji emisji gazów cieplarnianych w kontekście konieczności zwiększania liczby pojazdów elektrycznych. Opisano również kamienie milowe strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności, a także przestawiono przegląd norm i standardów, literatury naukowej oraz aktualnych trendów badawczych w zakresie tematyki podjętej w ramach pracy. Ponadto w rozdziale wskazano uzasadnienie podjęcia prowadzonych badań oraz przegląd dostępnych rozwiązań w zakresie telemetrii pojazdów elektrycznych.

W rozdziale 3 przedstawiono założenia oraz sformułowano tematykę badawczą a także zamieszczono charakterystykę opracowanej metody badań (w tym założenia metody oraz zestawienie parametrów podlegających akwizycji oraz ich znaczenie w układach sterowania i monitorowania pojazdów samochodowych).

Rozdział 4 został poświęcony przeglądowi narzędzi sprzętowych i programowych, które zostały zaadoptowane przez Autora rozprawy do celów akwizycji danych z badanych grup pojazdów. W szczególności omówiono funkcjonalności, budowę, sposób wykorzystania oraz potencjalne korzyści z ich zastosowania dla potrzeb akwizycji danych pomiarowych.

W rozdziale 5 przedstawiono przykładowy proces transformacji pojazdu spalinowego do postaci elektrycznej (tzw. e-retrofit). W rozdziale zamieszczono i scharakteryzowano różne przypadki problemów, które pojawiały się w trakcie procesu modernizacji lub eksploatacji pojazdów elektrycznych. W ramach przedstawienia sposobu wykorzystania oraz zalet

zapropionowanej metody pozyskiwanych danych eksploatacyjnych (a także działania poszczególnych narzędzi) przedstawiono opis pięciu różnych przypadków implementacji narzędzi oraz oprogramowania do celów pozyskiwania danych oraz identyfikacji niesprawności pojazdów elektrycznych.

Rozdział 6 stanowi podsumowanie oraz wnioski końcowe ze zrealizowanych prac badawczych.

W końcowej części pracy zamieszczono spis bibliografii zawierający 81 pozycji polsko- i anglojęzycznych źródeł literaturowych oraz internetowych, gdzie trzy spośród cytowanych prac są pracami autora ocenianej pracy.

## **2.2. Uwagi dotyczące struktury pracy**

Układ i struktura pracy są właściwe a kolejne rozdziały stanowią logiczną całość. Zasadniczo pracę podzielono na trzy części: teoretyczną, poznawczą i analityczną. W części teoretycznej (obejmującej rozdział 2 omówiono przesłanki podjęcia problemu badawczego, dokonano charakterystyki pojazdu elektrycznego wraz ze wskazaniem kluczowych parametrów funkcjonalnych, a także zamieszczono wykaz norm i standardów oraz przegląd dostępnych rozwiązań rynkowych w zakresie telemetrii pojazdów elektrycznych. Istotny element tej części pracy stanowi analiza literatury naukowej z zakresu objętej tematyką pracy. Część poznawcza zawiera założenia oraz opis opracowanej metody (rozdział 3) oraz narzędzia wykorzystywane w procesie akwizycji danych z wykorzystaniem prezentowanego w pracy rozwiązania. Rozdział 5 obejmuje weryfikację opracowanej metody na podstawie badań eksploatacyjnych zrealizowanych na obiektach rzeczywistych. Pracę kończą wnioski ze zrealizowanych prac badawczych a także kierunki przyszłych badań. Taki sposób przedstawienia treści nie budzi żadnych zastrzeżeń (układ pracy stanowi logiczną i przejrzystą strukturę, ułatwiającą czytanie pracy oraz zrozumienie kolejnych etapów realizacji zdefiniowanego celu).

## **3. Ocena oryginalności i wartość merytoryczna rozprawy**

### **3.1. Ocena merytoryczna rozprawy**

Praca ma charakter projektowo-analityczny a jej celem jest opracowanie metody pozyskiwania danych oraz informacji eksploatacyjnych ze złożonych systemów mechatronicznych należących do grupy pojazdów elektrycznych. W ramach zrealizowanych prac badawczych Autor opracował zbiór algorytmów pozyskiwania danych z układów

mechatronicznych wykorzystywanych w autobusach elektrycznych, a także oprogramowanie i sprzęt do współpracy ze standardem CAN.

Opiniowana praca bez wątpienia ma charakter interdyscyplinarny. Mimo, iż przedmiotem pracy są rozwiązania o charakterze informatycznym, z założenia są one dedykowane pojazdom elektrycznym (w szczególności po modernizacji polegającej na zmianie układu spalinowego na układ elektryczny). Jako że, opracowana metoda stanowi element i ważny etap retrofitingu pojazdów samochodowych – wpisuje się ona w dyscyplinę Inżynieria mechaniczna (w szczególności w obszar naukowy „Budowa i eksploatacja maszyn”, wchodzący w skład ww. dyscypliny).

Od strony merytorycznej pracę oceniam w sposób pozytywny. Autor, na podstawie bieżących potrzeb rynkowych zdefiniował problem badawczy oraz opracował zbiór podstawowych wskaźników KPI dla celów monitoringu, diagnostyki oraz predykcji awarii układu sterowania a także zbiór algorytmów umożliwiających osiągnięcie założonego celu pracy. Istotnym elementem pracy jest również autorskie oprogramowanie i urządzenia do gromadzenia danych, w których zaimplementowano opracowane rozwiązania. Na szczególne podkreślenie zasługuje wartość użyteczna opracowanego rozwiązania, które w obecnej formie (wraz z oprogramowaniem i urządzeniami) może być zaimplementowane dla potrzeb pozyskiwania danych eksploatacyjnych w pojazdach elektrycznych (w tym również po retrofitingu).

### 3.2. Ocena oryginalności pracy

Biorąc pod uwagę całokształt opiniowanej pracy, stwierdzam iż praca zawiera oryginalne rozwiązanie w postaci metody pozyskiwania informacji eksploatacyjnych ze złożonych systemów mechatronicznych należących do grupy pojazdów elektrycznych. W szczególności do elementów potwierdzających oryginalność opracowanego rozwiązania należą:

1. Algorytm konfiguracji układu napędowego i metody sterowania napędami.
2. Algorytm wyboru techniki sterowania w obszarze przełączania niskich częstotliwości.
3. Algorytm wyboru techniki sterowania w obszarze przełączania wysokich częstotliwości.
4. Algorytm wyboru techniki sterowania opartej na algorytmach modulacji hybrydowej.
5. Algorytm konfiguracji systemu zarządzania energią.
6. Algorytm wyboru strategii sterowania opartej na regułach.

7. Algorytm wyboru strategii sterowania opartej na filtracji.
8. Algorytm wyboru strategii sterowania opartej na optymalizacji.
9. Algorytm wyboru strategii sterowania opartej na uczeniu maszynowym.
10. Algorytm konfiguracji układu monitorowania parametrów baterii.

### 3.3. Uwagi krytyczne

Mimo, iż w ogólnej ocenie praca została przygotowana na wysokim poziomie merytorycznym, zastrzeżenia budzą następujące kwestie:

1. Biorąc pod uwagę treść pracy, jej tytuł wydaje się zbyt ogólny. Praca dotyczy układów mechatronicznych występujących w pojazdach elektrycznych i wydaje się, że to powinno zostać podkreślone w tytule pracy (tytuł: *„Metoda pozyskiwania informacji eksploatacyjnych w układach mechatronicznych”* może stwarzać wrażenie, że opracowana metoda umożliwi pozyskiwanie informacji z dowolnego rodzaju układów mechatronicznych – co w praktyce nie jest prawdą).
2. W pracy zamiennie stosowane są stwierdzenia „pozyskiwanie informacji eksploatacyjnych” oraz „pozyskiwanie danych i informacji eksploatacyjnych”. Brakuje jednakże wyjaśnienia co Autor rozumie pod pojęciami „dane eksploatacyjne” i „informacje eksploatacyjne”.
3. Na stronie 47 zamieszczono stwierdzenie *„W okresie przejściowym (tj. do 2035 roku), w którym najczęściej wybieranym rozwiązaniem będzie modernizacja (tj. retrofitting – związany z przeróbką pojazdów spalinowych na elektryczne oraz modyfikacjami pojazdów elektrycznych...”* – bez uzasadnienia tej tezy. Pojawia się więc pytanie: Na jakiej podstawie Autor twierdzi, że będzie to „najczęściej wybierane rozwiązanie”?
4. Rozdział 3.2 zatytułowano „Charakterystyka przyjętej metody badań”. Skoro prezentowana metoda jest rezultatem prac badawczych wykonanych przez Autora wydaje się, że lepszym tytułem byłby „Charakterystyka opracowanej metody badań”.
5. Mimo, iż celem pracy jest opracowanie metody pozyskiwania informacji eksploatacyjnych – Autor w bardzo lakoniczny sposób dokonuje opisu samej metody – skupiając się bardziej na opisie „tego co zostało zrobione” i jakie narzędzia zostały wykonane. O ile na podstawie takiego opisu można wyciągać pewne wnioski to – biorąc pod uwagę fakt, iż istotą pracy jest prezentacja metody – Autor powinien bardziej skupić się na tym co „krok po kroku” należy zrobić aby w prawidłowy sposób zaimplementować zaprezentowane w pracy algorytmy i narzędzia.

6. Dokonując weryfikacji metody skupiono się na czterech problemach/nieprawidłowościach, które wystąpiły w przypadku obiektu rzeczywistego (autobusu, w którym nastąpiła wymiana układu spalinowego na układ elektryczny). W świetle powyższego pojawiają się pytania – Czy to są wszystkie możliwe problemy jakie mogą wystąpić przy zastosowaniu niniejszej metody pozyskiwania danych? Co jeżeli po implementacji opracowanej metody pojawią się inne (nie analizowane w pracy) nieprawidłowości?

### 3.3. Uwagi szczegółowe

Strona estetyczna pracy stanowi zdecydowanie jej mocną stronę. Praca została przygotowana bardzo starannie, a prezentowane treści ilustrowane są umiejętnie rysunkami, tabelami i wykresami – co znacznie zwiększa przejrzystość i ułatwia czytanie pracy. Autor posługuje się językiem właściwym dla prac naukowych. Pojawiające się w pracy błędy o charakterze stylistycznym i edytorskim mają charakter bardzo sporadyczny a ich przykładami są np.:

- błędy stylistyczne i gramatyczne:
  - s. 6 – „*Dodatkowo ustawa... przyniosła obowiązek...*”,
  - s. 99 – „*Kolejnymi czynnikami... stanowią...*”,
- powtórzenia:
  - s. 7. – „*zastosowanie, zastosowania*”,
- błędy o charakterze edytorskim:
  - s. 53 (rys. 2.1-1) – jest: „*...porawnych*”, powinno być: „*...poprawnych*”,
  - s. 59 – jest: „*... pozwala na wprowadzeniu...*”, powinno być: „*... pozwala na wprowadzenie...*”,
  - s. 71 – jest: „*Skonsolidowane wartości temperatur (w jednym komunikacie) pozwala...*”, powinno być: „*Skonsolidowane wartości temperatur (w jednym komunikacie) pozwalają...*”,
  - s. 71 (tab. 5.2-1) – jest: „*Spełnieniu warunku...*”, powinno być: „*Spełnienie warunku...*”,
  - s. 104 – jest: „*Jedna powtórny pomiar...*”, powinno być: „*Jednak powtórny pomiar...*”,

Ponadto w niektórych miejscach brakuje znaków interpunkcyjnych (przecinki, kropki) oraz nie usunięto tzw. „sierot” na końcach wierszy. W treści pracy zdarzają się również (choć bardzo

nieliczne kolokwializmy) – np. „kolekcjonowanie danych...” – s. 6, „Dodatkowo ustawa... przyniosła obowiązek...” - s. 8, „...strojenie parametrów...” – s. 59, „...silnik kręci się... - s. 130, itp.

#### 4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całokształt ocenianej pracy stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Jacka Barcika stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę Kandydata w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego uznaję opracowaną metodę pozyskiwania danych oraz informacji eksploatacyjnych ze złożonych systemów mechatronicznych należących do grupy pojazdów elektrycznych.

Po zapoznaniu się z treścią pracy stwierdzam, iż Doktorant wykazał się znajomością podstawowej literatury przedmiotu rozprawy, umiejętnością praktycznego wykorzystania dotychczasowych zdobyczy nauki dla potrzeb rozwiązania realnych problemów z obszaru budowy i eksploatacji maszyn. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości oraz wskazane w punktach 3.2 i 3.3 uwagi nie mają zasadniczego znaczenia dla wartości merytorycznej pracy, odpowiadającej współczesnemu standardowi prac doktorskich. Dlatego też rozprawa w całości może być oceniona pozytywnie.

Konkludując uważam, że opiniowana praca spełnia warunki stawiane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 *o stopniach i tytule naukowym* (Dz.U. z 2017, poz. 1789 ze zm.) w dyscyplinie „Inżynieria mechaniczna” i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

*Arwidiusz Gola*