



dr hab. inż. Michał Majka, prof. uczelni
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin
e-mail: m.majka@pollub.pl

Lublin, dn. 12 lipca 2023 r.

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia19.07.2023.....

Zarejestrowano pod nr

Podpis

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Sierszyńskiego pt.:
„Koncepcja i weryfikacja elastycznej architektury nadzorczo-sterującej
dla autobusów elektrycznych”

Niniejsza recenzja została przygotowana na podstawie umowy o dzieło na wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Sierszyńskiego pt. „Koncepcja i weryfikacja elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych” zawartej pomiędzy Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie i moją osobą w dniu 15.05.2023 r. Do pełnienia funkcji recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Sierszyńskiego zostałem wyznaczony uchwałą Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne podjętą w dniu 27.04.2023 r.

1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie do stopnia doktora

Mgr inż. Michał Sierszyński w 1999 roku rozpoczął studia na kierunku *Automatyka i robotyka* o specjalności *Automatyka* na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej, uzyskując w 2004 roku stopień magistra inżyniera. W 2006 roku ukończył studia podyplomowe *Zarządzania projektami* na Wydziale Zarządzania Akademii Ekonomicznej w Poznaniu. W tym okresie był autorem lub współautorem 8 artykułów oraz prelegentem na 10 konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Mgr inż. Michał Sierszyński jest współtwórcą jednego wynalazku pt. „*Konstrukcja złącza do ładowania akumulatorów pojazdu, zwłaszcza autobusu elektrycznego*”, który



uzyskał patent o numerze 224554 na podstawie zgłoszenia patentowego z dnia 15 września 2013 r., jednostkami zgłaszającymi były firmy Solaris Bus & Coach sp. z o. o. oraz Ekoenergetyka-Polska S.A. .

Mgr inż. Michał Sierszyński w latach 2018-2023 był uczestnikiem studiów doktoranckich na kierunku *Automatyka i Robotyka* prowadzonych na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH w Krakowie.

Mgr inż. Michał Sierszyński od 2004 roku jest pracownikiem firmy Solaris Bus & Coach sp. z o.o. na stanowiskach z zakresu projektowania i konstrukcji. Od 2012 roku pracuje na stanowisku Kierownika Zaawansowanych Technologii w Pionie Badań i Rozwoju firmy Solaris Bus & Coach sp. z o.o.. Podczas pracy w Biurze Rozwoju firmy Solaris Bus & Coach sp. z o.o. mgr inż. Michał Sierszyński uczestniczył w 17 projektach dofinansowanych ze środków krajowych oraz międzynarodowych, jako członek zespołu projektowego, ekspert merytoryczny, główny konstruktor i kierownik obszaru technicznego.

Mgr inż. Michał Sierszyński jest współautorem 4 artykułów naukowych znajdujących się w czasopismach naukowych ujętych w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r., poz. 1668 z późniejszymi zmianami) tj. „*Komunikacie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. o zmianie i sprostowaniu komunikatu w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych*”. Zgodnie z wykazem publikacji zamieszczonym w bazie danych Bibliografii Publikacji Pracowników AGH w Krakowie mgr inż. Michał Sierszyński w latach 2018 – 2023 opublikował 16 publikacji, w tym 3 artykuły naukowe opublikowane w *Przeglądzie Elektrotechnicznym* (ISSN 0033-2097), 1 artykuł naukowy w czasopiśmie *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Elektryka* (ISSN 0239-3646), 1 artykuł opublikowany w czasopiśmie *Maszyny Elektryczne : zeszyty problemowe* (ISSN 0239-3646) i 1 artykuł w miesięczniku naukowo-technicznym *Napędy i Sterowanie* (ISSN 1507-7764).



W bazie Scopus znajduje się 10 pozycji literaturowych, z czego 3 stanowią artykuły naukowe opublikowane w *Przeglądzie Elektrotechnicznym* w 2022 r. oraz 7 artykułów opublikowanych w materiałach konferencyjnych z dwóch międzynarodowych sympozjów i wystaw pojazdów elektrycznych (*EVS 2017 - 30th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition* i *31st International Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2018 and International Electric Vehicle Technology Conference 2018, EVTeC 2018*). Prace naukowe mgr. inż. Michała Sierszyńskiego wg bazy Scopus były cytowane 2 razy (w tym 1 autocytowanie), indeks Hirsha wynosi 1.

Mgr inż. Michał Sierszyński dotychczas nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora.

2. Przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej

a) tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora

Mgr inż. Michał Sierszyński jest samodzielnym autorem rozprawy doktorskiej zatytułowanej „*Koncepcja i weryfikacja elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych*”. Tytuł rozprawy w języku angielskim został sformułowany następująco: „*Concept and verification of a flexible supervisory and control architecture for electric buses*”. Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Piotr Czop, prof. AGH.

Rozprawa doktorska mgr inż. Michała Sierszyńskiego jest samodzielną pracą pisemną, wobec czego spełnia wymagania określone w art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Rozprawa doktorska została przygotowana w języku polskim, zawiera zarówno streszczenie w języku polskim (str. 4 - 5) oraz streszczenie w języku angielskim (str. 6 - 7) w związku z czym spełniony został również warunek określony w art. 187 ust. 4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.



b) ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Rozprawa doktorska, napisana na 236 stronach, zawiera:

- streszczenia w języku angielskim i polskim (str. 4 - 7),
- spis treści (str. 8 - 9),
- 13 rozdziałów merytorycznych (w tym wstęp, podsumowanie i wnioski),
- oraz bibliografię (str. 214 - 236).

Układ pracy nie budzi zastrzeżeń i jest zgodny z klasycznym dla tego rodzaju opracowań.

W rozdziale pierwszym rozprawy doktorskiej Autor uzasadnia cel podjęcia tematyki badawczej, a następnie po gruntownych studiach literaturowych oraz przedstawieniu aktualnego stanu wiedzy w zakresie rozwiązań domenowych i strefowych architektury nadzorczo-sterującej formułuje 2 tezy, cel główny oraz 5 celów szczegółowych.

Rozdział drugi rozprawy doktorskiej stanowi wprowadzenie do tematyki związanej z systemami nadzorczo-sterującymi stosowanymi we współczesnych pojazdach samochodowych. W rozdziale drugim rozprawy Doktorant przedstawił krótki rys historyczny rozwoju magistral komunikacyjnych w pojazdach samochodowych, podał przykłady topologii architektury komunikacyjnej we współczesnych pojazdach, oraz przykłady urządzeń związanych z zakresem bezpieczeństwa czynnego, które zdaniem Doktoranta powinny być w przyszłości zaimplementowane w autobusach, a które są głównym czynnikiem wpływającym na rozbudowę architektury nadzorczo-sterującej. W podrozdziale 2.2 Doktorant opisał wymianę danych pomiędzy urządzeniami zainstalowanymi w ramach architektury nadzorczo-sterującej, przedstawił podział urządzeń na 5 różnych klas związanych z prędkością transferu danych oraz opisał parametry magistrali komunikacyjnych aktualnie stosowanych w pojazdach samochodowych, w tym magistralę CAN bazującą na normach SAE J1939 oraz ISO 11898 oraz magistralę LIN. W kolejnym podrozdziale 2.3 Autor przedstawia terminologię związaną z diagnostyką magistrali CAN oraz metody detekcji błędów. W kolejnym



podrozdziale 2.4 przedstawiono topologię sieci wymiany danych używaną w pojazdach samochodowych. W podrozdziale 2.5 pod tytułem „*Rozpoznanie potrzeb technologicznych i biznesowych*” Doktorant opisał Human-Machine Interface (HMI), który jest interfejsem łączącym kierowcę z pojazdem samochodowym i pełni kluczową rolę w przekazywaniu informacji kierowcy. Autor wskazał na cechy charakteryzujące dobrze zaprojektowany interfejs HMI, przedstawił i opisał zaprojektowany w firmie Solaris pulpit kierowcy bazujący na panelach dotykowych. W podrozdziale tym Autor przedstawił również opracowane i zbudowane stanowisko testowe do weryfikacji obciążeń magistrali CAN przy opracowaniu macierzy korelacji w rozdziale 7. Jak wykazały badania prowadzone przy udziale Doktoranta, bardzo ważnymi punktami w trakcie analiz związanych z nową architekturą jest dokonanie właściwej alokacji urządzeń w topologii architektury oraz analiza czasów opóźnień dla sygnałów jakie mogą wystąpić w eksploatacji, ponieważ opóźnienia w przekazywaniu informacji mogą znacząco wpłynąć na opóźnienia reakcji kierowcy.

W celu uzyskania przez autobus homologacji europejskiej podczas projektowania architektury nadzorczo-sterującej konieczne uwzględnienie aktualnych przepisów prawa i norm. W rozdziale 3 pt. „*Uwarunkowania normatywne i prawne*” Doktorant dokonał analizy zestawionych w tabeli 3.2 regulaminów ONZ oraz regulaminów opublikowanych w Dzienniku Urzędowym oraz opracował zalecenia dotyczące konstrukcji architektury nadzorująco-sterującej, użytych do jej budowy urządzeń oraz wytyczne dotyczące ich oprogramowania. Wymagania pojawiające się w tych regulaminach mają znaczący wpływ na kształt architektury nadzorczo – sterującej. Autor wskazał i szerzej opisał najważniejsze regulaminy, które musi spełniać projektowana architektura nadzorująco-sterująca. Do najważniejszych z punktu widzenia projektowanej architektury nadzorczo-sterującej autobusu należą regulaminy: regulamin 100 „*Bezpieczeństwo elektryczne*” dotyczący wymagań związanych z elektrycznym układem napędowym, regulamin 118 „*Palność materiałów używanych w konstrukcji wnętrza niektórych pojazdów*” dotyczący palności materiałów używanych w konstrukcji pojazdów samochodowych oraz ich odporności na działanie paliw lub smarów, regulamin 10 „*Kompatybilność*



elektromagnetyczna” mówiący o zachowaniu kompatybilności elektromagnetycznej w przypadku pojazdów kategorii M, regulamin 121 „*Rozmieszczenie i oznaczenie ręcznych urządzeń sterujących, kontrolek i wskaźników*” określający fizyczne rozmieszczenie w kabinie kierowcy oraz sposób i normy zgodnie z którymi powinny być oznaczone, regulamin 155 „*Cyberbezpieczeństwo*” oraz regulamin 156 „*Aktualizacja oprogramowania pojazdu*”. Autor rozprawy wskazuje również na konieczność nieustannego monitorowania rozporządzeń Unii Europejskiej dotyczących europejskiej homologacji typu, gdzie pojawiają się kolejne regulaminy wraz z terminami wdrożenia. Oprócz przeglądu regulaminów Doktorant zestawiał w tabeli 3.3 normy brane pod uwagę przy projektowaniu instalacji elektrycznej w autobusach. Przegląd literatury technicznej oraz przepisów prawa i norm przeprowadzony przez Doktoranta wykazał, iż kluczowymi normami, wymagającymi uwzględnienia w fazie analizy i projektowania nowych rozwiązań architektury nadzorczo-sterującej są normy związane z bezpieczeństwem funkcjonalnym oraz cyberbezpieczeństwem.

W rozdziale 4 rozprawy doktorskiej Autor przedstawił przegląd metod optymalizacji. W analizie funkcjonalności, ograniczeń i rozwiązań technicznych związanych z tworzeniem architektury nadzorczo-sterującej, Doktorant zauważył potrzebę stworzenia zbioru optymalnych rozwiązań, spośród których wybierane będzie rozwiązanie do implementacji w autobusie. Z uwagi na liczbę możliwych konfiguracji dopuszczalnych architektury oraz konieczność walidacji nowo opracowanych rozwiązań, Doktorant wskazuje na potrzebę przeprowadzenia analizy rankingowej ilościowo-jakościowej, która pozwoli na klasyfikację rozwiązań pod kątem ich przydatności i spełnienia kryteriów implementacyjnych.

W celu dokonania klasyfikacji analizowanych rozwiązań architektury nadzorczo-sterującej, Doktorant zaproponował wykorzystanie metod optymalizacji wielokryterialnej. W przypadku rozwiązywania problemów optymalizacji wielokryterialnej mogą być zastosowane zarówno metody niedeterministyczne jak i metody, w których do oceny wariantów zastosowano kryteria o charakterze



deterministycznym. Podział metod wraz z wybranymi przykładami Doktorant przedstawił na rysunku 4.1, a następnie dokonał przeglądu deterministycznych i niedeterministycznych metod optymalizacji wielokryterialnych, zestawiając dane w tabeli 4.1 wraz z kryterium oceny oraz opisem metody.

Opracowana przez Doktoranta metodyka projektowania elastycznej architektury nadzorczo-sterującej została szczegółowo opisana w rozdziałach 5-12 rozprawy (str. 63 - 185). W rozdziale 5 Doktorant przedstawił samodzielnie opracowaną koncepcję oraz określił zasady tworzenia metodyki projektowania nowej elastycznej architektury nadzorczo-sterującej. Opracowany przez Doktoranta model procesu projektowania architektury nadzorczo-sterującej został przedstawiony na rysunku 5.3 rozprawy.

Pierwszym etapem opracowanej metodyki jest zdefiniowanie celów strategicznych i szczegółowych. W rozdziale 6 rozprawy doktorskiej Autor zaproponował sposób definiowania celów z wykorzystaniem metod wspomaganie procesów decyzyjnych, bazując na rozpoznaniu potrzeb biznesowych, technicznych oraz stanu wiedzy w temacie istniejących rozwiązań architektury nadzorczo-sterującej. Cele strategiczne dla tworzonej architektury nadzorczo-sterującej zostały zebrane w tabeli 6.1. Doktorant dokonał systematyzacji wymagań w macierzy logicznej (tabela 6.2), w której zestawił i opracował w syntetycznej formie cele architektury, związki przyczynowo - skutkowe oraz ryzyka wraz z punktami krytycznymi, które mogą wystąpić przy implementacji nowo tworzonej architektury.

W kolejnym kroku (rozdział 7) Doktorant przeprowadził analizę funkcji niezbędnych do implementacji w autobusie elektrycznym oraz zweryfikował czy dany sterownik wymaga zewnętrznej komunikacji. Na podstawie zebranych informacji oraz szczegółowej analizy Doktorant utworzył macierz interakcji, która wskazuje powiązania komunikacyjne wraz z zakresem przesłanych danych pomiędzy urządzeniami.

W kolejnym rozdziale 8 Autor zdefiniował metodę specyfikacji ograniczeń dla projektowanej architektury nadzorczo-sterującej wynikających z przepisów prawa oraz norm. W kolejnych podrozdziałach 8.1 – 8.3 Doktorant szczegółowo opisał ograniczenia



wynikające z przyjętych założeń bezpieczeństwa funkcjonalnego, bezpieczeństwa cybernetycznego oraz ograniczenia techniczne i biznesowe.

W kolejnym etapie (rozdział 9 rozprawy) Autor zaproponował koncepcję i opracował metodę budowy modelu architektury, na podstawie której zdefiniował zbiór konfiguracji dopuszczalnych – macierz M_{ZKD} . W macierzy konfiguracji dopuszczalnych (tabela 9.1) znalazły się następujące elementy: numer macierzy konfiguracji architektury, obciążenie maksymalne linii CAN w procentach, różnica obciążeń maksymalnych występująca na najbardziej i najmniej obciążonych liniach w danej architekturze, koszt okablowania strukturalnego, sumaryczny koszt urządzeń dodatkowych niezbędnych w architekturze do realizacji danego jej typu oraz poziom bezpieczeństwa cybernetycznego dla danej architektury. Poza przedstawieniem macierzowym rozwiązania Autor użył również grafów nieskierowanych. Grafów użyto zarówno w zakresie reprezentacji fizycznych połączeń pomiędzy poszczególnymi komponentami architektury, jak również do reprezentacji połączeń logicznych podczas analizy poziomu bezpieczeństwa cybernetycznego dla danej architektury. Grafy dla poszczególnych konfiguracji dopuszczalnych z macierzy M_{ZKD} zostały przedstawione w tabeli 9.2.

Kolejnym etapem metodyki projektowania jest wybór najlepszego rozwiązania do implementacji (rozdział 10). Ze względu na dużą liczbę technicznych i biznesowych kryteriów wyboru nowo projektowanej architektury nadzorczo-sterującej, do wyboru optymalnego rozwiązania Doktorant zastosował metodę optymalizacji wielokryterialnej. Autor zdefiniował szczegółowe cele optymalizacji wielokryterialnej bazując na przeglądzie celów strategicznych, a następnie zdefiniował wektor zmiennych decyzyjnych M_{KDV} dla którego wszystkie składniki będące najistotniejszymi parametrami charakteryzującymi architekturę osiągną wybrane ekstremum (minimum lub maksimum) przy uwzględnieniu zdefiniowanych dla nich ograniczeń. Wybór rozwiązania do implementacji wykonano bazując na dwóch metodach: znormalizowanego kryterium zbiorczego oraz kryterium globalnego. Otrzymane wyniki zestawiono, porównano i wybrano architekturę do implementacji. Wybraną architekturę o numerze $M_{KDN} = 1$



zaimplementowano i uruchomiono w pojeździe Urbino 15LE electric. Autobus w ramach testów sytuacji awaryjnych oraz wytrzymałości jeździł na torze TATRA TRUCKS a.s. w Kopřivnice w Republice Czeskiej. Zaktualizowana wersja tej architektury oraz oprogramowania sterującego została wdrożona w autobusie elektrycznym Urbino 9LE electric. Informacje o wdrożeniach zaprojektowanej architektury opisano w rozdziale 11 rozprawy doktorskiej, a przeprowadzony eksperyment walidacyjny w rozdziale 12.

Podsumowując, w mojej opinii zarówno zawartość jak i struktura recenzowanej pracy spełnia wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim. Rozprawa doktorska została napisana jasnym, precyzyjnym i poprawnym językiem. Wykresy i rysunki są dobrej jakości, właściwie dobrane i dobrze opisane. Rozprawa zawiera jedynie drobne uchybienia:

- praca zawiera niewiele błędów składniowych, przykładowo na str. 1 Autor pisze: *„Opracowanie architektury obejmuje swoim zakresem określenie topologii (kształtowanie układu połączeń sieci komunikacyjnej), zaprojektowanie i zamodelowanie struktury zachodzących w niej procesów komunikacyjnych, wybór elementów strukturalnych oraz dobór interfejsów. Rozmieszczenie komponentów w pojeździe oraz optymalizację kosztową.”* – w mojej opinii powyższe zdania powinny być zapisane łącznie,
- w pracy znajduje się kilka rysunków i zwrotów w języku angielskim, które mogłyby być przetłumaczone na język polski, przykładowo rys. 2.3, rys. 2.8, rysunki z tabeli 1.1, rysunek 1.4 na którym legenda jest przetłumaczona, ale tekst na rysunku jest zapisany w języku angielskim, w tytule rozdziału 8.1 angielskojęzyczny termin *„functional safety”* mogłoby być przetłumaczone jako *„bezpieczeństwo funkcjonalne”*,
- w pracy znajduje się kilka kolokwializmów, przykładowo na str. 48 Autor pisze *„montowane na standardzie”*, w tabeli 8.2 str. 97 Autor pisze *„Zbyt dużo mocy [dotyczy napędu] - jest to przypadek, który nie może wystąpić w naszych autobusach z punktu widzenia baterii, ponieważ bateria nie może dać więcej prądu niż urządzenia która ją obciążają.”*, sytuacje drogowe opisano w formie mało zrozumiałych skrótów *„Pantografem na przystanku”, „Plug-in przystanku”, „Pantografem na zajezdni”, „Ostre*



Hamowanie (mała liczba packów bateryjnych)", w tabeli 8.6 Autor pisze „System baterii ma zjawisko takie jak pożar i wybuch”, w tabeli 8.3 str. 103 „System doświadcza wysokiej temperatury przy maksymalnym prądzie”, w tabeli 8.4 str. 104 Autor używa pojęć „Nadprąd” i „Nadnapięcie pojedynczej celi”,

- w pracy można odnaleźć również kilka błędów gramatycznych i literówek, na przykład na str. 34 Autor pisze „ [...] z wyprzedzeniem umożliwiający [...]”, str. 46 „Są to Jednolite przepisy techniczne dotyczące [...]”, str. 47 „homologacji cało-pojazdowej”, str. 48 „I Autobusy mają [...]”, str. 57 i str. 58 „W metoda zbliżona do metody kryterium [...]”, str. 77 „związki przyczynowo skutkowe”, str. 80 „uruchomienie elektronik w pojeździe [...]”, str. 84 „na przykład z szczegółowymi informacjami”, str. 93 „ [...] na której parta jest cała norma [...]”, str. 99 „ruszenie po postój na wzniesieniu”, str. 132 „Stopień ochrony Oznacza to, że układ musi [...]”.

- strona 3 – podpis rysunku 1.1. znajduje się nad rysunkiem, podczas gdy pozostałe podpisy umiejscowiono pod rysunkami,

Należy jednak wyraźnie podkreślić, że rozprawa doktorska wyróżnia się niezwykłą starannością redakcji.

c) ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Zastosowane w rozprawie piśmiennictwo jest następstwem wyboru przez Autora przedmiotu badań. Piśmiennictwo składa się z 185 pozycji w tym z większość pozycji literaturowych z ostatnich kilku lat. W przypadku 10 pozycji literaturowych Doktorant występuje jako współautor. Większość cytowanych pozycji literaturowych dotyczy zagadnień związanych z interfejsami komunikacyjnymi stosowanymi w pojazdach samochodowych, układami elektronicznymi stosowanymi w pojazdach samochodowych, systemów wspomagających bezpieczeństwo w transporcie drogowym oraz zadań dotyczących teorii i metod rozwiązywania zadań optymalizacji. Autor umieścił również w bibliografii wiele odnośników do norm polskich i europejskich określających wymagania dla systemów diagnostycznych w pojazdach samochodowych oraz dyrektyw Parlamentu Europejskiego. Większość pozycji literaturowych zawiera cyfrowe identyfikatory



dokumentu elektronicznego DOI. W przypadku pozycji literaturowych dostępnych na stronach internetowych Autor prawidłowo stosuje odnośniki wraz z datą dostępu. Literatura jest prawidłowo cytowana w rozprawie doktorskiej, a jej zakres wiąże się ściśle z tematyką rozprawy doktorskiej.

Zauważone drobne błędy:

- w pozycji [12] bibliografii brakuje tytułu publikacji „*Drgania mechaniczne*”,
- w pozycji [13] bibliografii brak oznaczenia dziennika urzędowego,
- odnośniki do Polskiego Komitetu Normalizacyjnego [92], do wyszukiwarki ISO [93], wyszukiwarki standardów organizacji SAE International [94] oraz pozycja literaturowa [167] SAE J1939/11 Physical Layer w mojej opinii są zbędne,
- w pozycji literaturowej [40] powinny znajdować się pełne dane cytowanego artykułu.
- kilka pozycji w bibliografii nie jest wyjustowana (przykładowo strony 220, 221, 222, 225, 229, 230). W kilku pozycjach bibliografii pojawiają się podwójne przecinki, co jest prawdopodobnie wynikiem błędnej pracy używanego przez Autora menadżera bibliografii,
- Autor niepotrzebnie, moim zdaniem, w kilku miejscach rozprawy doktorskiej podaje pełne dane bibliograficzne prezentacji [9], raportu [125] i artykułu [153] zamiast użyć odpowiedniego odnośnika (str. 84, str. 85 i str. 113).

Ocena: zastosowane piśmiennictwo jest obszerne, współczesne i prawidłowe.

d) wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

Głównym celem rozprawy, określonym w rozdziale 1.3, jest opracowanie metodyki projektowania elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych oraz wdrożenie zaproponowanego rozwiązania (metodyki oraz architektury) w firmie Solaris.



Oprócz celu głównego w rozprawie doktorskiej zdefiniowano 5 celów szczegółowych:

1. Sformułowanie procedur postępowania wchodzących w skład metodyki projektowania elastycznej architektury nadzorczo-sterującej.
2. Opracowanie notacji strukturyzującej modelowanie architektury nadzorczo-sterującej, stanowiącej platformę komunikacyjną interesariuszy uczestniczących w jej projektowaniu i ocenie.
3. Określenie przestrzeni rozwiązań optymalnych architektury dla zdefiniowanych kryteriów i ograniczeń optymalizacyjnych.
4. Przeprowadzenie wdrożenia pilotażowego opracowanej metodyki podczas projektowania architektury dla autobusu elektrycznego w celu oceny przydatności i potwierdzenia jej użyteczności.
5. Wdrożenie zaprojektowanej architektury w autobusie elektrycznym oraz przeprowadzenie eksperymentu weryfikacyjnego.

W mojej ocenie zarówno cel główny rozprawy jak i postawione wszystkie cele szczegółowe zostały osiągnięte.

Procedury postępowania wchodzących w skład metodyki projektowania elastycznej architektury nadzorczo-sterującej zostały opisane przez Doktoranta w formie schematów procesów projektowania. Schemat ogólny procedury postępowania został przedstawiony w rozdziale 5 rozprawy, natomiast schemat metody specyfikacji ograniczeń w rozdziale 8. Notacja strukturyzująca modelowanie architektury nadzorczo-sterującej w formie macierzy została opisana w rozdziale 9. Przestrzeń rozwiązań optymalnych architektury dla zdefiniowanych kryteriów i ograniczeń optymalizacyjnych opisano w rozdziale 10.2. Autor potwierdził również skuteczność opracowanej przez siebie metodyki, realizując pełne wdrożenie w ramach projektu 12 metrowego autobusu elektrycznego.



Dla oceny rozprawy doktorskiej kluczowe znaczenie mają jej tezy, bowiem wysiłek wkładany w przygotowane rozprawy doktorskiej powinien zmierzać w kierunku udowodnienia postawionych tez lub weryfikacji trafności postawionych hipotez badawczych.

Kandydat na stronie 12 rozprawy doktorskiej stawia 2 tezy sformułowane następująco:

Teza 1: *„Sformułowana w rozprawie metodyka umożliwi zaprojektowanie elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych, optymalnej z punktu widzenia kryteriów ekonomicznych i technicznych, z uwzględnieniem ograniczeń optymalizacyjnych, na które składają się normatywne wymagania formalne oraz preferencje producenta i nabywcy autobusu elektrycznego”.*

Teza 2: *„Zastosowane w rozprawie ilościowe i jakościowe metody badawcze umożliwiają walidację elastycznej architektury nadzorczo-sterującej zaprojektowanej zgodnie ze sformułowaną w rozprawie metodyką projektowania”.*

W mojej ocenie postawione tezy badawcze świadczą o zidentyfikowaniu problemu do rozwiązania oraz jednoznacznie określają cel pracy Doktoranta.

W mojej ocenie realizacja celów badawczych opisanych w rozprawie doktorskiej została poprzedzona dogłębными studiami Doktoranta nad piśmiennictwem dotyczącym tego tematu. Doktorant szczegółowo opisał w rozprawie obiekt badań, cel prowadzonych badań został uzasadniony, a postawione tezy rozprawy doktorskiej zostały udowodnione. Uwzględniając powyższe uważam, że cele oraz tezy pracy są właściwe i prezentują poziom odpowiedni dla rozpraw doktorskich.

W mojej opinii zaproponowane i zastosowane przez Doktoranta narzędzia i metody badawcze można uznać za poprawne i odpowiednio dobrane do postawionego problemu.

f) ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Metodyka projektowania została zaprezentowana przez autora rozprawy w rozdziałach 5-12 (str. 63-185). Autor zaproponował koncepcję metodyki opracowania, wdrażania oraz walidacji architektury nadzorczo-sterującej w autobusach elektrycznych.



Zagadnienie obejmujące:

- kształtowanie układu połączeń sieci komunikacyjnej,
- zaprojektowanie i zamodelowanie struktury zachodzących w niej procesów komunikacyjnych,
- wybór elementów strukturalnych oraz dobór interfejsów,
- rozmieszczenie komponentów w pojeździe,
- oraz optymalizację kosztową rozwiązania,

zostało w pełni zrealizowane. Opracowana architektura, metodyki jej budowy oraz badań, zostały wdrożone w przedsiębiorstwie Solaris Bus & Coach sp. z o.o.

g) informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Tematyka rozprawy jest aktualna i istotna z punktu widzenia zastosowań. Rozprawa systematyzuje wiedzę z zakresu przepisów prawa i norm, w szczególności tych niezbędnych do uzyskania homologacji oraz dopuszczenia autobusów elektrycznych do ruchu drogowego. Zaproponowana metodyka projektowania architektury uwzględnia wymagania dotyczące bezpieczeństwa funkcjonalnego oraz cybernetycznego, co stanowi aktualnie rekomendowane podejście do projektowania architektury nadzorczo-sterującej. Rozprawa wskazuje również na skuteczną metodykę badań, która pozwala na zweryfikowanie oraz walidację powstałych rozwiązań architektury nadzorczo-sterującej.

Autor potwierdził skuteczność opracowanej przez siebie metodyki, realizując zarówno wdrożenia pilotażowe podczas projektowania architektury dla autobusów elektrycznych długości 15 m, jak również pełne wdrożenie w ramach projektu 12 metrowego autobusu elektrycznego. Informacje na temat wdrożenia pilotażowego zawarto w rozdziale 11 rozprawy (str. 180). Powstała koncepcja stała się standardem w firmie Solaris Bus & Coach sp. z o.o. podczas tworzenia i implementacji rozwiązań dla nowych typów autobusów.



Do rozprawy doktorskiej została dołączona „Opinia przedsiębiorcy albo innego podmiotu zatrudniającego uczestnika studiów doktoranckich” z dnia 29.03.2023 r. w której Panowie Tomasz Barański Członek Zarządu ds. Produkcji i Logistyki oraz dr inż. Dariusz Michalak Wiceprezes Zarządu ds. R&D firmy Solaris Bus & Coach sp. z o.o. potwierdzili pełną realizację postawionych celów w ramach doktoratu wdrożeniowego mgr. inż. Michała Sierszyńskiego, wdrożenie w firmie Solaris Bus & Coach sp. z o.o metodyki projektowania architektury nadzorczo-sterującej opracowanej przez Doktoranta oraz potwierdzili zaimplementowanie opracowanej architektury nadzorczo-sterującej w autobusach Urbino Electric.

h) informacja o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej

Wymienione przeze mnie uwagi oraz wątpliwości wyrażone w pytaniach poniżej nie wpływają na pozytywną ocenę przedstawionej pracy doktorskiej i nie umniejszają mojej pozytywnej oceny oryginalności rozprawy.

1. Na stronie 11 rozprawy doktorskiej Autor pisze, że jednym z powodów rozwoju napędów elektrycznych jest ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych nakładająca wymagania dotyczące udziału procentowego pojazdów z napędem alternatywnym we flocie autobusów na terenie jednostki terytorialnej, której liczba mieszkańców przekroczyła pięćdziesiąt tysięcy, po czym przedstawia udział pojazdów z napędem elektrycznym w produkcji Solaris Bus & Coach sp. z o.o. Proszę o wyjaśnienie związku pomiędzy tymi zdaniami.
2. W tabeli 2.1. „Przykłady algorytmów i urządzeń związanych z zakresem bezpieczeństwa czynnego” Doktorant podaje skrót, nazwę i krótki opis. Czy zdaniem Doktoranta są to przykładowe algorytmy i urządzenia?
3. W kilku miejscach rozprawy Doktorant pisze str. 43 tabela 3.1 „*Dokumenty przyjęte w drodze konsensusu przez interesariuszy, wprowadzające dobre praktyki w oparciu o aktualny stan wiedzy*”, str. 46 „*Dobra praktyka jak i wymagania niektórych klientów wskazują na konieczność implementacji warstwy fizycznej architektury z*



uwzględnieniem regulaminu 118 EKG ONZ.", str. 91 "Nie można oczywiście umniejszać roli związanej z dobrymi praktykami dotyczącymi projektowania zagadnień technicznych oraz umiejętności negocjacyjnych w trakcie pozyskiwania sterowników i innych komponentów poza organizacją.", str. 124 „W przypadku klasyfikatorów leniwych występuje zbiór referencyjny, który jest stworzony jako dobre praktyki przez zespół ekspertów i przez niego w dowolnym momencie modyfikowany.", str. 161 „Zgodna z aktualnym prawem, normami i dobrymi praktykami branżowymi”, „Jeżeli suma generowanych przez urządzania obciążeń na linii komunikacyjnej zgodnie z założeniami i dobrymi praktykami projektowania topologii magistrali przekracza 80% [...]”. Proszę o wyjaśnienie pojęcia „dobrej praktyki”, związku „dobrych praktyk” z obowiązującymi normami oraz wpływu dobrych praktyk branżowych na użyte matematyczne metody optymalizacji oraz wpływu dobrych praktyk na ostateczny kształt nowo projektowanej architektury nadzorczo-sterującej w autobusach elektrycznych.

4. W tablicy 8.3 „Analiza HARA z wynikiem QM” w funkcji „Żądanie dezaktywacji Hill Holder” w scenariuszu wystąpienia ryzyka „Brak informacji na pulpicie o statusie Hill Holdera” w sytuacji drogowej „ruszanie po postój na wzniesieniu” Doktorant określił zagrożenie w postaci możliwości stoczenia się pojazdu. Proszę o wyjaśnienie czy brak informacji na pulpicie automatycznie dezaktywuje funkcję Hill Holdera i pojazd zaczyna się staczać ze wzniesienia?
5. Do budowy architektury nadzorczo-sterującej wybrano komputer ZR5-A wraz z systemem multiplekserów MUX5-B (str. 125). Proszę o wyjaśnienie dlaczego do implementacji wybrano dokładnie ten model komputera?
6. Czy Pana zdaniem możliwe jest wykorzystanie przedstawionej w rozprawie metodyki do projektowania innych systemów pojazdu, oprócz architektury nadzorczo-sterujących?
7. Czy do wyboru rozwiązania konieczne jest stosowanie metod optymalizacji? Czy można wykorzystać inne techniki wspomaganie decyzji?



i) ocena, czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej

W mojej ocenie, rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Sierszyńskiego stanowi istotne i oryginalne rozwiązanie w zakresie wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej. Opracowana przez Kandydata metodyka projektowania architektury nadzorczo-sterującej została zrealizowana za pomocą poprawnych metod i właściwej analizy otrzymanych wyników. Doktorant wykazał się również umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

Jako recenzent rozprawy doktorskiej stwierdzam, że główne osiągnięcia Autora to:

- stworzenie metodyki projektowania architektury nadzorczo-sterującej opartej o 3 główne stopnie weryfikacji: symulacje, testy stanowiskowe oraz weryfikację w warunkach eksploatacyjnych,
- wykonanie analizy ograniczeń wynikających z założeń bezpieczeństwa funkcjonalnego oraz bezpieczeństwa cybernetycznego,
- opracowanie oryginalnego modelu parametrycznego architektury nadzorczo-sterującej będącego jej reprezentacją w procesie optymalizacji,
- wprowadzenie metod wspomagania decyzji do procesu wyboru umiejscowienia urządzeń nadzorczo-sterujących w architekturze nadzorczo-sterującej autobusu,
- przeprowadzenie badania dotyczącego technik wyboru rozwiązań optymalnych, porównującego metodę diagramu Hassego z podejściem znanym jako rozwiązanie optymalne w sensie Pareto,
- opracowanie autorskiej metody notacji strukturyzującej modelowanie architektury za pomocą macierzy wraz z techniką wizualizacji za pomocą grafów,
- opracowanie wielowariantowej metody lokalizacji urządzeń nadzorczo-sterujących w autobusie, opartej o analizę najkrótszych tras kablowych odwzorowujących przestrzeń dostępną dla okablowania za pomocą grafu. Wykorzystanie metod



związanych z wyszukiwaniem najkrótszej ścieżki do najoptymalniejszego pod względem długości ułożenia okablowania pomiędzy urządzeniami,

- opracowanie i budowę stanowiska badawczego do weryfikacji obciążeń magistrali komunikacyjnych generowanych przez urządzenia nadzorczo-sterujące oraz interfejsu wizualnego HMI.

j) ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej

W podsumowaniu dysertacji (rozdział 13) sformułowane są wnioski, które w całej rozciągłości znajdują potwierdzenie w bardzo szerokim zakresie prac wykonanych przez Autora. Realizacja prac badawczych i zawartość pracy, w której zostały one opisane świadczą o zaawansowanej wiedzy Autora mieszającej się w obszarze dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Wiedza ta koresponduje z obszarem prowadzonych przez niego badań. Rozprawa doktorska obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki oraz świadczy o znajomości współczesnej literatury, bieżących przepisów prawa, a także aktualnych norm dotyczących pojazdów elektrycznych. Postawienie tezy w rozprawie doktorskiej, oryginalne rozwiązanie jakim jest opracowanie metodyki projektowania elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych i wdrożenie zaproponowanego rozwiązania w firmie Solaris Bus & Coach sp. z o.o. świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

3. Podsumowanie

Po szczegółowym zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr. inż. Michała Sierszyńskiego pod tytułem „*Koncepcja i weryfikacja elastycznej architektury nadzorczo-sterującej dla autobusów elektrycznych*” stwierdzam, że spełnia ona wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim zawarte w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2023 r., poz. 742 z późniejszymi zmianami).



Stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata mgr. inż. Michała Sierszyńskiego w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowej (art. 187 ust. 1 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r.).

Ponadto stwierdzam, że przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Sierszyńskiego pod tytułem: „*Koncepcja i weryfikacja elastycznej architektury nadzorczącej dla autobusów elektrycznych*” jest **oryginalne rozwiązanie w zakresie wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej, które mieści się w obszarze dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne** (art. 187 ust. 2 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r.).

Stwierdzam również, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest samodzielną pracą pisemną przygotowaną w języku polskim, która zawiera streszczenie w języku angielskim (art. 187 ust. 3 i 4 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r.).

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr. inż. Michała Sierszyńskiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

