

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marka Sznury pt.

Development of a Power and Communication Bus Using HIL and Computational Intelligence Techniques

Promotor:
dr hab. inż. **Piotr Przystalka**, prof. PŚI

1. Wstęp

Recenzję rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem opracowano na podstawie zlecenia prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak, przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dn. 26.01.2022.

Rozprawa została napisana w języku angielskim ze streszczeniem w języku polskim. Praca liczy 112 stron (w tym 100 numerowanych), składa się z 7 rozdziałów i zawiera wykaz bibliograficzny liczący 140 pozycji. Zawiera też wykaz rysunków, tabeli i zastosowanych symboli.

Celem rozprawy było opracowanie magistrali komunikacyjnej, która jednocześnie może służyć do zasilania podłączonych do niej urządzeń i posiada możliwość auto-adresowania urządzeń. Wg doktoranta, w procesie badawczym zastosował on techniki „Hardware-in-the-Loop” i metody Inteligencji Obliczeniowej. Metody te zostały wykorzystane do optymalizacji parametrów auto adresowania. Zasadniczym obszarem zastosowania opracowanego rozwiązania jest przemysł motoryzacyjny.

Praca została przeze mnie rozpatrywana jako osiągnięcie w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna. Warto nadmienić, że praca doktorska została przygotowana w ramach programu „Doktorat Wdrożeniowy”.

2. Treść rozprawy

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów oraz bibliografii, liczącej 140 pozycji. Praca zawiera też wykaz rysunków, tabeli i symboli.

Rozdział 1 rozpoczyna się od krótkiego rysu historycznego rozwoju technologii mechanicznych, elektrycznych i informatycznych w przemyśle motoryzacyjnym. Autor przekonująco przedstawił trendy, które doprowadziły w ostatnich dekadach do wzrostu

znaczenia układów elektronicznych, sterowników i różnego rodzaju interfejsów. Podkreślił, że obecnie granice dyscyplin naukowych zajmujących się pojazdami samochodowymi przenikają się. Nowoczesne pojazdy są w istocie skomplikowanymi urządzeniami mechatronicznymi. W konsekwencji należy się zgodzić, że problemów z zakresu jednej z dyscyplin (jak np. inżynierii mechanicznej) nie można analizować w oderwaniu od innych dyscyplin, szczególnie automatyki, elektrotechniki i elektroniki oraz informatyki technicznej i telekomunikacji, ale również inżynierii materiałowej i innych. Następnie Doktorant przedstawił znaczenie wiązek kablowych w nowoczesnych pojazdach. W kolejnych wersjach samochodów są one coraz bardziej skomplikowane i coraz droższe. Ma to znaczny wpływ nie tylko na cenę, ale również na zapotrzebowanie energetyczne na etapie produkcji, jak również na emisję CO₂ podczas eksploatacji. Obiecującym kierunkiem innowacji w zakresie wiązek kablowych jest przesyłanie zasilania i komunikacji za pomocą jednej i tej samej pary przewodów. Rozdział przedstawia obszerny przegląd literatury przedmiotu. Jest to bardzo ciekawa część pracy, która jednocześnie wskazuje na nierozwiązane dotąd problemy. Ich wspólną cechą jest wysoki poziom komplikacji możliwych parametrów konstrukcyjnych, jak również ich znaczna współzależność. W tej sytuacji wielu badaczy w optymalizacji konstrukcji motoryzacyjnych proponuje zastosowanie różnych technik z grupy Sztucznej Inteligencji. Autor sformułował cel pracy oraz zaproponował zadania badawcze, niezbędne do jej wykonania. W ostatniej części rozdziału skrótowo przedstawiono zawartość poszczególnych rozdziałów pracy.

Rozdział 2 zawiera przegląd technologii pojazdów samochodowych ze względu na technologie zasilania. Doktorant zaproponował dwustopniowy podział na pięć kategorii i 10 podkategorii pojazdów. Po przedstawieniu poszczególnych kategorii oraz ich zasadniczych cech, problem produkcji i eksploatacji przedstawiono pod kątem zapotrzebowania na energię i surowce oraz pod kątem emisji CO₂. Jest to wymaganie, które zyskuje coraz więcej uwagi i które jest wprowadzane co coraz większej liczby regulacji normatywnych. W dalszej części w rozdziale przedstawiono sposoby redukcji emisji CO₂. Szczególną uwagę poświęcono metodom z zakresu dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, tj. rozwiązaniom konstrukcyjnym. Wśród nich szczególnie nacisk położono na wiązki kablowe i ich wpływ na energochłonność i emisyjność procesu produkcji i eksploatacji. Ta część pracy jest ciekawa, przedstawia obraz ogólny i liczne interesujące szczegóły. Stanowi wprowadzenie do dalszych rozdziałów i daje przekonujące uzasadnienie podjęcia tematu.

Rozdział 3 rozpoczyna zasadniczą część rozprawy doktorskiej. Rozpoczyna się on od wprowadzenia do problematyki wiązek kablowych. Następnie Doktorant uzasadnia wybór konkretnej wiązki jako przedmiotu badań oraz przeprowadza jej analizę konstrukcyjną. Uwzględnia ona typy magistral, grubości i długości kabli oraz skład materiałowy. Autor przedstawił kierunki optymalizacji konstrukcji wiązki. Istotnym elementem tej części jest szczegółowy przegląd literatury, wykonany pod kątem prac mających na celu optymalizację w kierunku połączenia funkcji zasilania i komunikacji. Następnie Doktorant sformułował wymagania co do parametrów technicznych, które powinna spełniać nowa wiązka. Propozycja nowej magistrali została określona jako Device Lightweight Network (DLN). Jej zasadnicze zalety to użycie tylko jednej pary przewodów do przesyłania zasilania i danych oraz możliwość automatycznego adresowania urządzeń na magistrali. Autor opisał zasadnicze części protokołu proponowanej magistrali, szczególnie pracę w trybie podziału czasu na zasilanie i na transmisję danych. Przykładowe przebiegi czasowe pokazano na stanowisku badawczym, które składa się z lamp, grzałki i lusterka z funkcjami regulacji. Dla wybranej wiązki przedstawiono też możliwe do osiągnięcia redukcje emisji CO₂. W końcowej części przedstawiono wymagania co do automatyzacji produkcji wiązek kablowych oraz stopień zaawansowania technologicznego parku maszynowego, który może na to pozwolić.

Rozdział 4 zawiera główną część opisu zaproponowanej magistrali DLN. Doktorant skupił się na metodzie auto-adresowania i jej optymalizacji. Opisał możliwe metody realizacji metod i procedury automatycznego adresowania. Następnie przedstawił parametry, które były zmieniane podczas testów i na ich podstawie proponował zmienne decyzyjne całego układu. Do celów badawczych zbudowano stanowisko, które składało się z 15 płytek symulujących węzły na magistrali. Autor opisał sposób prowadzenia eksperymentu, szczególnie sterowania z poziomu aplikacji MATLAB. Zaproponował następnie kryteria optymalizacji, wraz z ich zapisem formalnym. W końcowej części przedstawił on metody poszukiwania optymalnego rozwiązania w zbiorze zmiennych decyzyjnych. Zaproponowane grupy rozwiązań to metoda losowania Latin Hypercube Sampling, algorytmy genetyczne oraz optymalizacja za pomocą roju cząstek (Particle Swarm Optimization). Metody te oraz ich najważniejsze cechy zostały opisane.

Rozdział 5 opisuje badania zaproponowanych algorytmów optymalizacyjnych oraz przedstawia ich wyniki. Wyniki prezentowano w dwóch grupach – najpierw ta, gdzie otrzymano najwięcej poprawnych wyników, a następnie ta, gdzie otrzymano najlepsze wyniki. W kolejnej części Doktorant szczegółowo omówił wyniki oraz na tej podstawie wskazał metodę PSO, ponieważ pozwoliła na uzyskanie najlepszych parametrów magistrali. W kolejnej części rozdziału Autor przedstawił wyniki z punktu widzenia zastosowania w praktyce przemysłowej. W tym celu bezpośrednio porównał parametry otrzymane przez poszczególne metody z kryteriami optymalizacji. Przeprowadził również i opisał eksperymentalne potwierdzenie poprawności metody auto-adresowania.

Rozdział 6 jest bardzo krótki i liczy zaledwie jedną stronę. Przedstawia on uwarunkowania implementacji uzyskanych wyników w przemyśle. Wskazuje też, że opracowane metody mogą mieć zastosowanie w rozwiązywaniu innych problemów niż sama konfiguracja magistrali DLN. Mogą być również przydatne w wielokryterialnej optymalizacji innych projektów.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie rozprawy doktorskiej. Autor omówił w nim wnioski wynikające z wykonanych badań.

Rozprawę uzupełnia spis literatury oraz streszczenia w językach angielskim i polskim..

3. Analiza krytyczna

3.1. Uwagi ogólne

Motoryzacja to ważny sektor gospodarki, który kreuje silne bodźce rozwojowe dla setek przedsiębiorstw. W procesy B+R włączone są też liczne uczelnie wyższe, a opracowane przez uczelnie i przedsiębiorstwa nowe rozwiązania przyczyniają się do ciągłego postępu technologicznego. W ostatnich latach wymagania klimatyczne spowodowały wzmocnienie trendu poszukiwania nowych technologii, które pozwolą na ograniczanie emisji, szczególnie CO₂. Ograniczanie emisji dołączyło do tradycyjnych kierunków rozwoju, takich jak ograniczanie materiało- i energochłonności. Warto przy tym zauważyć, że wszystkie te cele, jeżeli są rozpatrywane na etapie produkcji, są ze sobą silnie skorelowane.

Doktorant słusznie wskazał na trend rosnącej komplikacji konstrukcji pojazdów i to we wszystkich analizowanych typach napędów. Konsekwencją jest wzrost liczby sterowników, a co za tym idzie – ilości i komplikacji wiązek kablowych. Bardzo istotna staje się więc potrzeba rozwoju nowych typów magistral. W ostatnich kilku dekadach opracowano wiele takich magistral, które znacznie się różnią, w zależności od wymagań co do przepustowości danych,

niezawodności transmisji i oczywiście kosztu samego interfejsu. Można tu wymienić takie magistrale jak m.in. CAN, LIN, Flexray czy MOST. Z uwagi na różnorodność wymagań trudno spodziewać się, że w samochodach stosowany będzie tylko jeden typ magistrali, ale raczej ich zbiór dostosowany do potrzeb konkretnego pojazdu. Tak więc w kontekście aktualnego stanu badań problem badawczy, który doktorant podjął się rozwiązać w rozprawie doktorskiej, jest ważny i aktualny. Stanowi też znaczny postęp w porównaniu do przywołanych wcześniej przykładów magistral.

Autor przeprowadził szeroką analizę literatury światowej w badanej dziedzinie. Znaczną część cytowanych przez Niego prac stanowią prace prowadzone przez inne ośrodki, publikowane w literaturze o zasięgu światowym. Zestawienie obejmuje zarówno pozycje klasyczne, jak i najnowsze artykuły w periodykach naukowych. Warto zauważyć, że w porównaniu ze „zwykłym” doktoratem (o ile możemy takim pojęciem operować), literatura obejmuje liczne raporty techniczne, normy branżowe i źródła internetowe.

Na podstawie doboru źródeł, ale i na podstawie zawartości samej rozprawy, wyraźnie widoczne jest duże doświadczenie Doktoranta w rozwoju nowych technologii motoryzacyjnych. Można to zauważyć i w rozdziale 2, gdzie przedstawił on przekrój nowoczesnych technologii i w kolejnych rozdziałach. Przy opisie kolejnych obszarów, szeroko omawiany jest stan techniki oraz prowadzone kierunki badań. Potwierdza to znaczne doświadczenie zawodowe Doktoranta.

Zasadniczym tematem rozprawy jest propozycja nowego typu magistrali komunikacyjnej, a szczególnie propozycja metod i parametrów jej auto-adresowania. Sama magistrala została zaproponowana w artykule „Development of a Power and Communication Bus Using HIL and Computational Intelligence”, który ukazał się w czasopiśmie Applied Sciences w roku 2021 i liczy sobie 25 stron. Zawartość artykułu pokrywa się w dużej mierze z obszernymi fragmentami pracy doktorskiej, łącznie z zamieszczonymi w pracy rysunkami i schematami. Znaczne fragmenty współautorskiej publikacji [119] wykorzystane w pracy doktorskiej nasuwają jednak pytanie o określenie własnego wkładu Doktoranta. W podsumowaniu rozprawy (rozdział 7, str. 86-87) wymieniono wnioski wypływające z badań. Nie przedstawiono jednak jasno, co jest indywidualnym wkładem Doktoranta.

Pomimo pozytywnej oceny pracy, mam jednak kilka uwag krytycznych, zarówno ogólnych, jak i szczegółowych.

Pierwszym pytaniem, jakie nasuwa się przy lekturze jest to, czy właściwie wybrano dyscyplinę pracy. Z jednej strony Autor podkreśla w kilku miejscach, że wyniki są istotne dla dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn (od 2018 będącą częścią dyscypliny Inżynieria Mechaniczna (IM)). Z drugiej jednak strony, analizowane zagadnienia dotyczą obwodów magistral komunikacyjnych, doboru parametrów takich jak indukcyjność cewek albo pojemności kondensatorów. Są to problemy z zakresu dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika (AEE). Idąc dalej, zastosowane metody Inteligencji Obliczeniowej można zaklasyfikować jako przynależne do dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja (ITT). Z uwagi na materię przedmiotu trudno tu o jednoznaczne rozstrzygnięcie problemu i na pewno może to być przedmiotem dyskusji. Uważam, że można argumentować, że ponieważ Autor nie proponuje nowych metod uczenia maszynowego, tylko wykorzystuje je jako metody optymalizacyjne, pozwala to na wykluczenie dyscypliny ITT. Uważam, że praca może być uznana za znajdującą się na pograniczu dyscyplin AEE i IM, chociaż z przewagą tej pierwszej.

Z drugiej jednak strony zadanie, jakim jest propozycja nowego typu magistrali komunikacyjnej, nie może być uznana za kompletną bez przedstawienia szczegółowej analizy

parametrów elektrycznych linii magistrali. Analiza taka powinna obejmować zachowania się przy częstotliwościach zakładanych do komunikacji z przepustowościami rzędu 2Mb/s. Tego wymiaru analizy w pracy brakuje, poza zamieszczeniem kilku przebiegów czasowych napięć na magistrali, co nie może być uznane za jakkolwiek wyczerpującą analizę.

Lekturę pracy utrudnia fakt, że często istotne fragmenty mają charakter pobieżnie napisanego raportu, a nie pracy naukowej. Dla przykładu, nie przedstawiono schematów ideowych magistrali, chociażby w wersji poglądowej. W konsekwencji rys. 4.2 i 4.3 pozostawiają dużo domyslności czytelnika. Z kolei na str. 49 pada stwierdzenie „With such setup, the author adjusted parameters to optimize communication between nodes”. Doktorant nie uznał za stosowne opisać jakie to były parametry, co nie powinno mieć miejsca w dysertacji doktorskiej. Jako kolejny przykład można podać stwierdzenie ze str. 85 „The author equipped all boards with multiple LEDs to indicate whether all of the hardware elements and software features were used in the correct way”. Stwierdzenie o poprawności pracy jest bardzo ogólne, właściwe byłoby opisanie, jakie konkretnie elementy Autor sprawdzał i dlaczego.

Doktorant założył wykorzystanie metod Inteligencji Obliczeniowej bez próby określenia parametrów układu na drodze analizy lub symulacji fizycznych parametrów linii magistrali i jej zachowania się w zakładanych warunkach pracy. W ten sposób można by prawdopodobnie z góry odrzucić wiele z badanych ustawień zamieszczonych w Tab. 4.1 i znacznie ułatwić zadanie optymalizacji. Uważam, że w pracy brakuje wyczerpującego uzasadnienia przyjęcia podejścia z użyciem metod Inteligencji Obliczeniowej. W pracy rozważania te są ucięte zdaniem „Further, conventional engineering approaches were no longer as effective” (str.35). Stwierdzenie takie ma bardzo istotny ciężar gatunkowy i zdecydowanie powinno być poparte solidną argumentacją. Jest to tym istotniejsze, że stanowczo zbyt często metody z szeroko rozumianego obszaru Sztucznej Inteligencji są stosowane bez dostatecznej znajomości metod podstawowych.

W pracy wielokrotnie (nawet w tytule) przywoływane jest podejście „Hardware-in-the-Loop”. Autor nie podaje jednak przyjętej przez siebie definicji tej techniki. Przyjmując np. definicję jednego z liderów tego podejścia, firmę National Instruments (<https://www.ni.com/pl-pl/innovations/white-papers/17/what-is-hardware-in-the-loop-.html>), HIL polega na symulowaniu złożonej dynamiki obiektów, najczęściej do syntezy i testów układów sterowania. W ten sposób można uniknąć kosztownych testów systemów wbudowanych na obiektach rzeczywistych i zastąpić taki obiekt symulatorem w taki sposób, że badany sterownik reaguje identycznie jak w interakcji z obiektem rzeczywistym. Kluczową kwestią w podejściu HIL jest opracowanie modelu matematycznego obiektu, łącznie z jego dynamiką, jak również układami pomiarowymi i wykonawczymi oraz możliwością wprowadzania różnorodnych niesprawności. Moduły, zaproponowane i badane przez Autora nie działają w ten sposób, trudno więc się zgodzić że Autor przyjął podaną powyżej definicję HIL.

Miejskami odnoszę wrażenie, że Autor nie dochował staranności w podawaniu źródeł z których korzystał. Dla przykładu, na str. 64 podany jest opis algorytmu genetycznego NSGA-II, który to opis w znacznym stopniu jest zapożyczony z dokumentacji pakietu MATLAB. (por. <https://www.mathworks.com/help/gads/gamultiobj-algorithm.html> i <https://www.mathworks.com/help/gads/gamultiobj.html>). Niestety, Autor nie podał referencji do tych źródeł.

W ramach problemów do dyskusji, proszę o wyjaśnienie następujących kwestii:

1. Proszę wymienić w punktach, które z osiągnięć opisanych w pracy są oryginalnymi i własnymi osiągnięciami Doktoranta.

2. Proszę podać przyjętą w pracy definicję podejścia „Hardware-in-the-Loop” i porównać z klasyczną definicją. Proszę o podanie wykorzystanych źródeł.
3. Każda z magistral danych ma ściśle określone zakresy pojemności/ impedancji linii, pojemności poszczególnych węzłów i akceptowalne poziomy napięć. Przykładem może być np. norma ISO17897 (magistrala LIN), której zresztą brakuje w spisie literatury. Proszę o omówienie założonych parametrów i wykonanych analiz przyjętego modelu magistrali DLN, szczególnie pod kątem przenoszenia impulsów w okresie przeznaczonym na komunikację oraz stanów przejściowych przy przełączaniu pomiędzy trybami zasilania i transmisji danych. Czy do takich analiz (o ile były wykonane) było wykorzystywane oprogramowanie do modelowania układów elektronicznych, jak np. Cadence PSpice albo podobne?
4. Na str. 37 pada stwierdzenie „The proposed DLN is not designed as safety critical, due to lack of requirements corresponding to ISO 26262”. Takie stwierdzenie, padające w pracy doktorskiej, powinno być uzasadnione argumentami. Proszę o ich przytoczenie, np. jakie konkretnie wymagania ISO26262 nie są spełnione przez DLN.
5. Proszę wyjaśnić, jakie parametry modułów sprzętowych typu Master i Client wpływają na kryterium ceny i w jaki sposób - por. (4.8),

3.2. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe odnoszą się do zauważonych w rozprawie błędów merytorycznych i edycyjnych. Do błędów tych należą:

- str. 2: rozwinięciem skrótu LIN jest „Local Interconnect Network”, a nie „Local Interface Network”
- str. 8: w opisie celu pracy nie wymieniono opracowania procedury i parametrów auto-adresowania, które jest zasadniczą częścią dysertacji
- str. 16: dlaczego w zdaniu „The main disadvantage of hydrogen is storage and high CO2 emission” pada wada napędu wodorowego, którą są wysokie emisje CO2?
- str. 24: w drugim zdaniu Autor podaje dwie wartości emisji – 2,04 i 5,17kg, chociaż mowa o jednym materiale – PCV,
- str. 30: przywołana jest koncepcja „follow-the-sun”, która nie jest wyjaśniona i jest bez związku z zaprezentowanym tokiem rozumowania,
- str. 33: stwierdzenie „Dirac delta with high amplitude” jest pomieszaniem terminologii matematycznej (delta Diraca ma nieskończoną amplitudę dla $t=0$) z terminologią techniczną,
- str. 38: opis funkcjonalności maszyn „Zeta” i „Omega” powtarza się w dwóch akapitach,
- str. 44: wprowadzony jest moduł ESP32 bez przywołania jego zastosowania ani opisu parametrów,
- na Fig. 4.7 pojawia się skrót OF, który nie jest przywołany w „Abbreviations glossary”
- str. 51: w drugim akapicie pojawia się opis rysunków 4.4, 4.5 i 4.7, który nie odpowiada ich zawartości,

W pracy znalazły się też – niestety - liczne błędy natury językowej, poniżej wymienię tylko niektóre:

- tytuł rozdziału 6 to „Implementation to the industry”, zamiast “in”,

- str. 10: „One of them is dedicates to automotive” zamiast “dedicated”,
- str. 15: “...which influenced to their higher fuel consumption” zbędne “to”,
- str. 16: “...and only supported their work”, zamiast “supports”,
- str. 17: pierwsze zdanie 2. akapitu jest niegramatycznym złożeniem dwóch zdań; w przedostatnim zdaniu na stronie brakuje podmiotu
- str. 18: pierwsze pełne zdanie kończy się nieoczekiwanie zapisem „- 6 kg” bez żadnego komentarza
- str. 31: zdanie „...in a car, owned by the author’s employer” sugeruje, że celem rozwiązania jest redukcja połączeń w jakimś samochodzie, będącym własnością pracodawcy Autora,
- str. 43: autor używa słowa „deferment” (które oznacza odroczenie, np. służby wojskowej), zamiast „delay”

Generalnie, w pracy jest bardzo dużo tego typu elementarnych błędów językowych. Czasami jest to błędne użycie przyimków bądź czasów, a czasami składni. Zdarza się również, że język dysertacji staje się zbyt potoczny i traci na precyzji. Dla przykładu, na str.28 Autor stwierdza: „Company Yamar proposed special chips to “inject” multiple interface to power line”. Nie można “wstrzykiwać” interfejsu do linii zasilającej, można ewentualnie robić to z danymi, chociaż oczywiście tylko w przenośni.

Szkoda, że Autor nie znalazł więcej czasu na korektę tych dość irytujących błędów, które utrudniają odbiór pracy, a których można było łatwo uniknąć. Można to było zrobić np. przez końcową weryfikację językowej warstwy pracy przez osobę płynnie władającą językiem angielskim. Mam nadzieję, że wskazanie ich pozwoli na ich uniknięcie przy publikacji pracy w formie artykułów, do czego zachęcam, biorąc pod uwagę ciekawe i wartościowe wyniki otrzymane przez Doktoranta.

4. Główne osiągnięcia rozprawy

Uważam, że najważniejszymi osiągnięciami rozprawy jest zaproponowanie magistrali DLN i metody jej auto-adresowania, a także opracowanie metody optymalizacji parametrów tej metody. Na osiągnięcie to składają się następujące elementy:

- analiza metod i potencjału ograniczenia energochłonności i emisyjności CO2 wiązek kablowych
- opracowanie propozycji magistrali DLN
- wykonanie stanowiska testowego
- opracowanie propozycji metody auto-adresowania urządzeń na magistrali
- przeprowadzenie optymalizacji parametrów metody auto-adresowania z wykorzystaniem metod Inteligencji Obliczeniowej
- przygotowanie propozycji wdrożenia metody w praktyce przemysłowej

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Marka Sznury poświęcona opracowaniu magistrali komunikacyjnej DLN do przesyłania zasilania i komunikacji w pojazdach samochodowych

stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Uważam, że – pomimo przedstawionych przeze mnie niedociągnięć – rozprawa zasługuje na ocenę pozytywną, a zaprezentowany sposób rozwiązania problemu naukowego jest akceptowalny.

Po zapoznaniu się z rozprawą stwierdzam, że Autor wykazał się dobrą znajomością dziedziny wiedzy z zakresu budowy pojazdów samochodowych, szczególnie pod kątem ich produkcji i eksploatacji. Wykazał się także wiedzą z zakresu transmisji danych, planowania eksperymentów i analizy ich wyników. Rozprawa znajduje się na pograniczu dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika oraz Inżynieria Mechaniczna.

Uważam, że zalety merytoryczne rozprawy przeważają nad występującymi w niej błędami, w tym również edytorskimi i językowymi. Uważam także, że Autor poprawnie sformułował zadanie naukowe i rozwiązał je.

W związku tym stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Marka Sznury pt. **„Development of a Power and Communication Bus Using HIL and Computational Intelligence Techniques”** spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i stawiam wniosek o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Prof. Tomasz Barszcz

/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)