



Prof. zw. dr hab. inż. Adam Kowalewski

Tel: (12) 617-28-51, fax: (12) 634-15-68,
e-mail: ako@agh.edu.pl

Akademia Górniczo-Hutnicza,

Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej

30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

Kraków, dnia 24 sierpnia 2017 roku

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Krzysztofa Koguta pt. „Real-Time Control in Automotive Systems”

Przedstawiona recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej **mgr inż. Krzysztofa Koguta** słuchacza studium doktoranckiego na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie zatytułowanej „**Real-Time Control in Automotive Systems**” („Sterowanie w Czasie Rzeczywistym w Systemach Automatyki Samochodowej”).

Promotorem opiniowanej rozprawy doktorskiej jest **prof. dr hab. inż. Andrzej Turnau**. Recenzję przygotowano na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH w Krakowie Pana **prof. nadzw. dr hab. inż. Ryszarda Sroki** działającego na podstawie uchwały Rady Wydziału o powołaniu recenzentów z dnia 29 czerwca 2017 roku.

I. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska składa się ze streszczeń w języku angielskim i polskim, podziękowań, spisu treści, wykazu tabel, wykazu rysunków, wstępu, 7 rozdziałów, wniosków oraz spisu literatury zawierającego 219 pozycji.

We wstępie zaprezentowano problematykę sterowania w czasie rzeczywistym w systemach automatyki samochodowej, sformułowano tezę rozprawy oraz cel pracy, a następnie przedstawiono zawartość poszczególnych rozdziałów.

W rozdziale 1 zaprezentowano ogólny opis branży automatyki samochodowej. Przedstawiono historię rozwoju przemysłu samochodowego oraz ewolucję najważniejszych systemów elektrycznych i elektronicznych pojazdów. Zaprezentowano również szerokie spektrum systemów spotykanych w dzisiejszych samochodach. W obecnych pojazdach system elektronicznych sterowników tworzy rozbudowaną sieć mikrokontrolerów odpowiadających za: układ napędowy,

systemy aktywnego i pasywnego bezpieczeństwa, systemy komfortu jazdy oraz systemy komunikacyjne i rozrywkowe.

W następnym rozdziale (rozdział 2) przedstawiono procesy i fazy projektowania, implementacji i weryfikacji wymienionych komponentów. Opisano kompletny proces modelu V oraz pozostałe metody i metodologie mające zastosowanie podczas rozwoju systemów automatyki samochodowej takie jak MBD (ang. Model Based Design/Development) oraz MBT (ang. Model Based Testing). Zaprezentowano zestawy narzędzi sprzętowych, programowych i symulacyjnych wykorzystywanych do projektowania, implementacji oraz testowania rozwijanych systemów.

W rozdziale 3 przedstawiono zagadnienie systemów czasu rzeczywistego oraz ich realizacji w systemach automatyki samochodowej. Zaproponowano demonstracyjne systemy SAS i ABS do celów szybkiego prototypowania algorytmów czasu rzeczywistego i jako narzędzie do eksperymentalnej weryfikacji wydajności sterowania.

Z kolei w rozdziale 4 zaprezentowano systemy półaktywnego zawieszenia pojazdów. Przedstawiono technologie tłumików zarówno aktywnych jak i półaktywnych oraz ich zastosowania w układach zawieszenia pojazdów. Przeprowadzono przegląd metod modelowania i modeli samochodowego układu zawieszenia, w tym tłumików, opon i drogi. Rozważono ocenę jakości komfortu i bezpieczeństwa jazdy na przykładzie modelu ćwiartki zawieszenia pojazdu oraz przedstawiono przegląd literatury dotyczący algorytmów sterowania tłumików magneto-reologicznych (MR) w celu tłumienia drgań.

Następnie w rozdziale 5 zaprezentowano laboratoryjny system SAS (ang. Semi-Active Suspension) z półaktywnym tłumikiem magneto-reologicznym wraz z modelem matematycznym oraz przeprowadzono eksperymentalną identyfikację parametrów systemu. Przedstawiono wyniki badań skuteczności i wydajności działania zaimplementowanych algorytmów sterowania tłumikiem MR w czasie rzeczywistym.

Z kolei w rozdziale 6 podjęto tematykę samochodowych systemów hamulcowych. Zaprezentowano układ ABS (ang. Anti-Lock Braking System) oraz opisano jego zadania i funkcjonalności. Przedstawiono szereg modeli wykorzystywanych do opisu dynamiki hamującego pojazdu, w tym dynamiki oddziaływania opona-droga, tarcia oraz samego hamulca. Przeprowadzono przegląd literatury dotyczącej zarówno konwencjonalnych (regulowych) sterowników ABS, jak i złożonych algorytmów kontroli poślizgu.

W ostatnim rozdziale (rozdział 7) przeprowadzono eksperymenty z wykorzystaniem demonstracyjnego systemu ABS. Analogicznie jak w przypadku systemu SAS, przeprowadzono identyfikację parametrów modelu matematycznego układu. Przeprowadzono testy algorytmów kontroli poślizgu i opracowano nowy sterownik wykorzystujący dodany pomiar prądu silnika sterującego hamulcem w systemie.

Przedstawiono podsumowanie dysertacji oraz zaproponowano dalsze kierunki badań.

II. Uwagi ogólne

Przystępując do oceny merytorycznej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że praca jest **bardzo dobrze** napisana.

Recenzowana rozprawa zawiera dobrze sformułowany, oryginalny i ważny problem naukowy oraz prezentuje poprawne rozwiązanie tego problemu, które zostało uzyskane przez Autora rozprawy samodzielnie i przy użyciu poprawnej metodologii naukowej. Zatem już na podstawie wstępnej analizy można stwierdzić, że jest to dzieło **bardzo wartościowe**, zdecydowanie odpowiadające wymaganiom stawianym przez **odnośną ustawę**.

Autor rozprawy podjął zadanie bardzo ambitne, ponieważ problematyka sterowania w czasie rzeczywistym w systemach automatyki samochodowej stanowi bardzo trudny dział automatyki przemysłowej.

Uzyskane przez Autora rezultaty są bardzo interesujące i wartościowe, a zwłaszcza zaprezentowany laboratoryjny system SAS (ang. Semi-Active Suspension) z półaktywnym tłumikiem magnetoreologicznym oraz układ ABS (ang. Anti-Lock Braking System).

W sumie Autor rozprawy wykazał szeroką wiedzę w trudnej dziedzinie identyfikacji, modelowania matematycznego, badań symulacyjnych i eksperymentalnych oraz teorii sterowania i umiejętność jej twórczego zastosowania do uzyskania nowych, wyróżniających rezultatów o charakterze teoretycznym i aplikacyjnym.

III. Oryginalne osiągnięcia

Recenzowana dysertacja doktorska dotyczy zagadnień i metod sterowania w czasie rzeczywistym w systemach automatyki samochodowej. W dysertacji przeprowadzono obszerny przegląd obecnych technologii, systemów i metod wykorzystywanych w czasie projektowania automatycznych systemów sterowania w pojazdach. W celu przeprowadzenia eksperymentów w czasie rzeczywistym wykorzystano dwa systemy: SAS i ABS. W szczególności skupiono się na implementacji algorytmów czasu rzeczywistego oraz na identyfikacji parametrów modeli dynamicznych wykorzystywanych systemów.

W związku z powyższym sformułowano następującą tezę rozprawy:

Sterowanie w czasie rzeczywistym w systemach automatyki samochodowej poprawia bezpieczeństwo jazdy oraz komfort jazdy.

W ramach realizacji sformułowanego celu rozprawy **uzyskano nowe, oryginalne, wyróżniające rezultaty, do których zaliczam:**

1. Laboratoryjny system SAS z półaktywnym tłumikiem magnetoreologicznym wraz z modelem matematycznym.
2. Eksperymentalna identyfikacja parametrów systemu SAS.
3. Wyniki badań skuteczności i wydajności działania zaimplementowanych algorytmów sterowania tłumikiem MR w czasie rzeczywistym.
4. Opracowanie sieci neuronowej wykorzystanej jako estymator stanu w układzie SAS.
5. Laboratoryjny system ABS.
6. Eksperymentalna identyfikacja parametrów modelu matematycznego układu ABS.
7. Przeprowadzone testy algorytmów kontroli poślizgu.
8. Opracowanie nowego sterownika wykorzystującego dodany pomiar prądu silnika sterującego hamulcem w systemie.

Należy zatem stwierdzić, że sformułowany cel rozprawy został osiągnięty, a jej Autor wykazał się szeroką wiedzą i umiejętnościami niezbędnymi do samodzielnego rozwiązywania nowych, oryginalnych problemów naukowo-technicznych w dyscyplinie Automatyka i Robotyka.

IV. Uwagi końcowe

Pomimo, że recenzowana rozprawa doktorska jest napisana pod względem merytorycznym bardzo dobrze, to jednak nasuwają się pewne uwagi natury dyskusyjnej, a mianowicie:

1. Sterowanie półaktywnym układem zawieszenia pojazdu z zastosowaniem tłumików magneto-reologicznych (Piotr Krauze, rozprawa doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 2015).
2. Model tłumika MR.
3. Model połówkowy drgań pojazdu o 4 stopniach swobody.
4. Wskaźniki jakości komfortu jazdy oraz przyczepności do nawierzchni drogi.
5. Modele tarcia.
6. Złożone algorytmy kontroli poślizgu.
7. Który rezultat uzyskany w rozprawie Autor dysertacji uważa za najcenniejszy i najbardziej oryginalny?
8. Dalsze kierunki badań.

Przechodząc do oceny redakcyjnej rozprawy doktorskiej stwierdzam z satysfakcją, że dysertacja doktorska jest bardzo dobrze napisana w języku angielskim i została doskonale zredagowana.

Natomiast do uwag natury redakcyjnej zaliczam drobne usterki językowe, a mianowicie:

Str. 6 Zdanie (8 wiersz od dołu): „**Na koniec tej części pracy** zaproponowano ...” jest niezbyt precyzyjne.

Str. 6 Zdanie (1 wiersz od dołu): „**Ponadto**, rozważono ocenę jakości komfortu ...” jest niezbyt precyzyjne.

Str. 7 Zdanie (2 wiersz od dołu): „**Na koniec** przedstawiono podsumowanie rozprawy ...” jest niezbyt precyzyjne.

Str. 109 W zdaniu (wiersze 10-12 od dołu): „The results of assessment show that controller's ...” brakuje kropki.

Str. 128 Błąd literowy w zdaniu (6 wiersz od dołu): „A novel control strategy based on **Lyapunow** stability theory ...”. Powinno być „... **Lyapunov** ...”.

Str. 156 Błąd literowy w zdaniu (wiersze 8-9 od góry): „In: **Internatinal** Conference on Computer Design: ...”. Powinno być „**International** ...”.

Str. 167 W zdaniu (wiersze 14-15 od dołu): „In: Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2010 International Conference on.” brak jest pełnej nazwy konferencji. Zdanie to jest z tego powodu niezbyt precyzyjne.

Str. 171 W zdaniu (wiersz 11 od dołu): „JSME **international journal**.” słowa „international” i „journal” powinny być pisane z dużej litery jako część tytułu czasopisma.

V. Ocena ogólna, wnioski końcowe

Opiniowana rozprawa doktorska robi generalnie **bardzo korzystne** wrażenie i nie ulega wątpliwości, że jako rozprawa doktorska może być oceniona wyłącznie **bardzo pozytywnie**. Autor rozprawy wykazał szeroką wiedzę w dyscyplinie Automatyka i Robotyka i **umiejętność jej twórczego zastosowania do uzyskania nowych, oryginalnych, zasługujących na wyróżnienie rezultatów**.

Oczywiście przytoczone uwagi mają charakter dyskusyjny oraz typowo redakcyjny i nie mają żadnego związku z **bardzo wysoką oceną merytoryczną recenzowanej rozprawy**.

Podsumowując stwierdzam z wielką satysfakcją, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Krzysztofa Koguta spełnia z nadmiarem wszystkie wymagania odnośnej ustawy sejmowej i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Adam Kowalewski