

Prof. dr hab. inż. Przemysław Perlikowski, czł. AMU PAN

Łódź, 10.12.2019

Katedra Dynamiki Maszyn,

Politechnika Łódzka,

Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Polska.

E-mail: przemyslaw.perlikowski@p.lodz.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Ramiego Faraja pod tytułem "Development of self-adaptive systems for mitigation of response under dynamic excitation" przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab inż. Jana Holnickiego-Szulca oraz dr inż. Cezarego Graczykowskiego, Warszawa 2019.

Podstawę opracowania recenzji stanowiło pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, z dnia 8.10.2019 r.

1.) Charakteryzacja rozprawy doktorskiej

Przedłożona rozprawa składa się z sześciu rozdziałów oraz załączników. Rozdziały 1-4 zawierają uzasadnienie podjętej tematyki badawczej, opis podstaw teoretycznych wykorzystanych w prowadzonych badaniach, celów badawczych oraz kierunków przyszłych badań. Rozdział 5 rozprawy doktorskiej składa się z pięciu publikacji wydanych w czasopismach z listy JCR:

- A. Faraj R., Graczykowski C., Holnicki-Szulc J., Adaptable pneumatic shock-absorber, *Journal of Vibration and Control*, 25, 3, pp. 711-721, 2019.
- B. Faraj R., Jankowski Ł., Graczykowski C., Holnicki-Szulc J., Can the inerter be a successful shock-absorber? The case of a ball-screw inerter with a variable thread lead, *Journal of The Franklin Institute*, 356(14) pp. 7855-7872, 2019.
- C. Faraj R., Holnicki-Szulc J., Knap L., Seńko J., Adaptive inertial shock-absorber, *Smart Materials and Structures*, 25, 035031, 2016.



D. Graczykowski C., Faraj R., Development of control systems for fluid-based adaptive impact absorbers, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 122, pp. 622-641, 2019.

E. Faraj R., Graczykowski C., Hybrid Prediction Control for self-adaptive fluid-based shock-absorbers, *Journal of Sound and Vibration*, 449, pp. 427-446, 2019.

Dla każdego z powyższych artykułów opracowane jest podsumowanie zawierające omówienie rozważanego układu, założenia przyjęte przy opracowaniu jego modelu, najważniejsze cechy układu oraz uzyskane wyniki. W rozdziale 6 mgr inż. Rami Faraj opisał wkład współautorów w publikacje będące podstawą rozprawy doktorskiej. W załącznikach Doktorant dołączył publikacje konferencyjne oraz patenty (w języku polskim).

2.) Opis uzyskanych wyników

Wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej dotyczą urządzeń i metod wykorzystywanych do efektywnego dyssypowania energii w czasie uderzenia. Mgr inż. Rami Faraj opisuje dwie grupy takich urządzeń. Pierwsza zawiera pasywne, adaptacyjne absorbery energii uderzeń, natomiast druga pół-aktywne absorbery energii uderzeń. W pierwszej grupie mgr inż. Rami Faraj opisuje pneumatyczny absorber uderzeń, który może zaadaptować się do oczekiwanych warunków uderzenia, a następnie pracować jako układ całkowicie pasywny (artykuł A) oraz absorber bazujący na mechanizmie śruba-nakrętka ze zmiennym skokiem gwintu tocznego, pozwalający na optymalne wyhamowanie amortyzowanego obiektu (artykuł B). Układy należące do drugiej grupy są omówione w trzech publikacjach. W artykule C mgr inż. Rami Faraj opisuje tłumik bezwładnościowy do tłumienia drgań wywołanych udarem „Spin-Man”, pozwala on na redukcję impulsu siły uderzenia w bardzo krótkim czasie. Niemniej jednak przedstawiona koncepcja jest jeszcze w fazie badań teoretycznych, a jej aplikacja w rzeczywistym układzie jest trudnym i wymagającym zadaniem. W dwóch ostatnich publikacjach (D i E) przedstawione są prace nad rozwojem algorytmów sterowania absorbera przepływowego ze sprzężeniem kinematycznym gwarantującym jego samo-adaptacyjność. W załączniku Doktorant dołączył dwa artykuły opublikowane w materiałach konferencji międzynarodowych. W pierwszym rozwija opis pneumatycznego absorbera uderzeń omówionego w artykule A oraz przeprowadza eksperymentalną weryfikację jego sprawności. W drugiej publikacji konferencyjnej Doktorant opisuje adaptacyjny, przepływowy absorber z zaworem z regulacją pozwalającą kontrolować przepływ płynu pomiędzy komorami urządzenia oraz wprowadza metodę sterowania zaworem aby zminimalizować siłę generowaną w



absorberze. W załącznikach są także uwzględnione patenty/wnioski patentowe złożone przez Doktoranta wraz z współpracownikami.

3.) Ocena rozprawy doktorskiej

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej jest aktualna oraz ma duże znaczenie teoretyczne i praktyczne. Badania nad absorpcją energii układów mechanicznych poprowadzone są w wielu wiodących ośrodkach naukowych. Znane jest wiele rozwiązań pozwalających na efektywną dyssypację energii układów mechanicznych, jednak każda nowa idea jest cenna i może dać lepsze efekty niż poprzednie rozwiązania. W rozprawie doktorskiej mgr inż. Rami Faraj zaproponował szereg rozwiązań, które dedykowane są do układów w których występują uderzenia (podwozia lotnicze, systemy zrzutu ładunku, skokochrony, tłumiki rowerowe, zderzaki pojazdów, bariery drogowe, wiercenie rurociągów). Warto zaznaczyć, że opracowanie efektywnych absorberów pasywnych dla takich układów jest zadaniem bardzo trudnym ze względu na złożoność zjawiska i brak możliwości przewidzenia jego przebiegu. Zaproponowany w rozprawie układ adoptowalny może pozwolić na efektywną absorpcję energii mimo braku sterowania w czasie uderzenia. Z drugiej strony w przypadku układów sterowalnych pół-aktywnych problemem jest identyfikacja parametrów uderzenia, które wykorzystywane są w czasie sterowania ze względu na bardzo krótki czas procesu absorpcji energii. Przedstawione w rozprawie doktorskiej idee wnoszą znaczący wkład w rozwój inżynierii mechanicznej i wskazane jest ich dalsze udoskonalanie, a w przyszłości wdrożenie do zastosowań w przemyśle.

Artykuły będące główną częścią rozprawy doktorskiej opublikowane są w renomowanych czasopiśmie z wysokimi współczynnikami wpływu Impact Factor. Prace Doktoranta były cytowane 20 razy (bez samo-cytowań) a jego indeks Hircha wynosi 3 co na tym etapie kariery naukowej można uznać za wyniki ponadprzeciętne. Wkład mgr inż. Ramiego Faraja w każdą z publikacji będących podstawą jego rozprawy doktorskiej jest znaczący. Brał on udział w opracowaniu koncepcji absorberów (publikacje A, B i C) oraz układu sterowania (publikacje D i E), przeprowadził badania numeryczne oraz eksperymentalne oraz zinterpretował ich wyniki. Oryginalność zaproponowanych rozwiązań poparta jest jednym patentem oraz dwoma wnioskami patentowymi.

Głównymi osiągnięciami Doktoranta jest opracowanie koncepcji pasywnych absorberów o sprawności porównywaney do układów pół-aktywnych oraz opracowanie absorbera przepływowego ze sprzężeniem kinematycznym wraz z opisem technik sterowania nim (Hybrid Prediction Control).



4.) Pytania do Doktoranta

Publikacja A:

- Na rysunku 4 zaprezentowana jest optymalna powierzchnia i kształt otworu w cylindrze dla różnych prędkości początkowych i mas tłumionego obiektu. Czy jest możliwe opracowanie prawa skalowania dla zmiennych mas i prędkości początkowych tłumionego obiektu?
- Jakie są maksymalne wartości prędkości początkowej oraz opóźnienia które mogą być zadane w rozpatrywanym urządzeniu?
- Jaka jest minimalna i maksymalna masa tłumionego ciała dla których można zastosować analizowany absorber zmieniając kształt i powierzchnię otworu w cylindrze (wymiary absorbera pozostają bez zmian)?

Publikacja B:

- Jaki jest oczekiwany współczynnik tarcia suchego w rzeczywistym urządzeniu zbudowanym na podstawie przedstawionej idei?
- W wypadku dużego tłumienia może wystąpić ryzyko znaczącego zużycia współpracujących elementów absorbera? Proszę o omówienie niezawodności urządzenia w takim wypadku.
- Czy możliwe jest estymowanie krytycznej prędkości inertera bazującego na mechanizmie śruba-nakrętka ze zmiennym skokiem gwintu?

Publikacja C:

- Proszę o zaprezentowanie modelu tarcia pomiędzy współpracującymi powierzchniami absorbera.
- Proszę o omówienie ograniczeń zaproponowanego urządzenia. Czy możliwe jest uzyskanie w praktyce tak dużych przyspieszeń jak przedstawione na rysunku 4?

Publikacja D i E:

- Proszę o omówienie implementacji zaproponowanej metody sterowania w czasie rzeczywistym (proszę o wybranie jednego z algorytmów jako przykładowy)



5.) Podsumowanie

Bazując na wynikach przedstawionych w rozprawie doktorskiej można stwierdzić, że Doktorant opanował w stopniu ponadprzeciętnym metody badawcze wykorzystane w czasie prowadzonych badań. Przeprowadził badania numeryczne i eksperymentalne udowadniając, że jest w stanie prowadzić samodzielnie kompleksową analizę układów mechanicznych. Jakość badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej mgr inż. Ramiego Faraja podkreślają też pozytywne recenzje wydawnicze artykułów stanowiących główną część dysertacji.

Składam wniosek do Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN o dopuszczenie dysertacji mgr inż. Ramiego Faraja do publicznej obrony. Ponadto, biorąc pod uwagę takie czynniki jak ważność tematyki badawczej rozprawy, innowacyjne podejście do rozwiązania postawionych problemów badawczych, oryginalność uzyskanych wyników rekomenduję wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Ramiego Faraja.

Precyzja
Perkhov

