

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl
Katedra Robotyki i Mechatroniki
Akademia Górniczo – Hutnicza
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Kraków 01.09.2011

Opinia o pracy doktorskiej pt. ”Systemy adaptacyjnej absorpcji obciążeń udarowych” autorstwa mgr inż. Piotra Krzysztofa Pawłowskiego

Opinię opracowano na podstawie zlecenia Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN z dnia 06.04.2011.

1. Przedstawienie treści pracy

Praca dotyczy bardzo istotnego z punktu widzenia teoretycznego i praktycznego problemu konstrukcji układów pochłaniających energię obciążeń udarowych, w szczególności koncentruje się na syntezie układów semi – aktywnych i aktywnych.

W treści pracy znajdują się też rozważania na temat optymalizacji układów pasywnych, adaptacji układów aktywnych i semi - aktywnych, jak również na temat samo naprawialności konstrukcji. Rozważono konstrukcje kratownicowe oraz adaptacyjne układy harmonijkowe, jako przykłady zastosowań pokazano podwozie samolotu z aktywnym układem rozpraszania energii udaru opartym o ciecz magneto reologiczną oraz drugi przypadek układu adaptacyjnego podwozia samolotu o konstrukcji opartej o zawór piezoelektryczny.

Jest to problem aktualnie rozwijany i intensywnie badanych przez wiele znanych ośrodków rozwojowych na świecie o czym świadczy bardzo duża liczba implementacji tego typu systemów oraz publikacji i raportów z tego zakresu.

Autor pracy podjął z jednej strony bardzo aktualny problem z punktu widzenia poznawczego, jak i aplikacyjnego. Na uwagę zasługuje przede wszystkim praktyczne sformułowanie postawionego problemu, opracowanie specjalistycznego oprogramowania mającego bezpośrednie zastosowanie w praktyce, a co moim zdaniem najcenniejsze wykonanie implementacji i eksperymentalna weryfikacja działania adaptacyjnych elementów rozpraszających energię uderu.

Cel pracy jest podany jako „prezentacja koncepcji dwóch oryginalnych koncepcji systemów adaptacyjnej absorpcji obciążeń udarowych, zdolnych do sterowanej dyssypacji energii”. Tak sformułowany cel jest moim zdaniem zbyt ogólny i nie pokazuje co Autor w niej osiągnął, z pewnością nie ograniczył się do demonstracji, ale opracował koncepcję oraz pokazał metodologie projektowania jak i skutecznej implementacji adaptacyjnych układów zmniejszania skutków obciążeń udarowych. Autor rozważa dwa różne przykłady dla ilustracji aktywnego podejścia do zmniejszania skutków uderzenia, w pierwszym pokazuje skuteczność zastosowania specjalnie zaprojektowanych elementów konstrukcyjnych kratownicy, które na skutek obciążenia udarowego wykazują odkształcenia plastyczne. W drugim natomiast pokazuje możliwości sterowania elementami zawieszenia samolotu poprzez zastosowanie zaworu piezoelektrycznego do sterowania przepływem oleju w amortyzatorze pneumatycznym oraz zastosowaniem cieczy magneto reologicznej w układzie semiaktywnym. W szczególności Autor opracował strategie sterowania układem, jako układem semiaktywnym i aktywnym oraz wykonał jego implementacje. W treści pracy można znaleźć zarówno rozważania analityczne, symulacje komputerowe oraz praktyczną implementację i testowanie w warunkach laboratoryjnych. Praca ma wyraźnie charakter praktyczny i w moim odczuciu, może być bezpośrednio zastosowana w rzeczywistych konstrukcjach. Autor w pełni zadaje sobie sprawę z założeń upraszczających jakie poczynił w części dotyczącej rozważań analitycznych i symulacji komputerowych, dlatego też główny nacisk we wnioskach jest położony na wyniki badań eksperymentalnych i one są największym osiągnięciem pracy. Autor nie sformułował tezy pracy. Treść pracy jest podzielona na 5 rozdziałów. W rozdziale pierwszym Autor omawia zagadnienia ogólne dotyczące absorpcji energii uderzenia oraz definiuje podstawowe wymagania stawiane takim konstrukcjom. W rozdziale 2 dokonuje przeglądu podstawowych problemów konstruowania i implementacji adaptacyjnych (aktywnych i semiaktywnych) oraz spotykanych w praktyce konstrukcji takich układów i na jego podstawie formułuje cel i zakres pracy. Przegląd tej problematyki nie uzasadnia w moim odczuciu podjęcia

tematyki rozprawy. W kolejnym rozdziale podano szczegółowo wyniki analiz numerycznych układu absorpcji energii uderzenia w konstrukcjach kratownicowych. W rozdziale 4 Autor podaje bardzo rozbudowany opis systemu energii obciążeń udarowych ze strukturami harmonijkowymi i na ich podstawie opracował koncepcje konstrukcji. Rozdział 5 dotyczy implementacji różnych konstrukcji adaptacyjnej absorpcji energii uderzenia. Na końcu tego rozdziału zawarte jest podsumowanie i wnioski, jak również spis cytowanej literatury.

Stosowane przez Autora narzędzia badawcze są nowoczesne i adekwatne do rozważanej problematyki. Autor posługuje się nimi z dużą biegłością i umiejętnie wykorzystuje je do osiągnięcia postawionych celów. Na szczególną uwagę zasługuje poprawna implementacja opracowanych systemów.

Autor wykazał się bardzo dobrą znajomością i sporym zasobem wiedzy w zakresie warsztatu badawczego, jak pokazała praca umiejętnie posługuje się różnymi narzędziami badań, począwszy od symulacji a skończywszy na implementacji złożonych układów sterowania konstrukcjami. Wszystkie te zagadnienia można zaliczyć do obszaru mechaniki udaru oraz konstrukcji mechanicznych sterowanych za pomocą układu mikroprocesorowego. Spis literatury jest adekwatny do rozważanego zagadnienia.

2. Oryginalne osiągnięcia pracy

Do największych oryginalnych osiągnięć tej pracy zaliczyć można:

- Opracowanie koncepcji układu absorpcji udaru dla konstrukcji kratownicowych oraz przebadanie jej skuteczności drogą badań symulacyjnych.
- Opracowanie i implementacja adaptacyjnej konstrukcji typu harmonijkowego opartej na cieczy magnetoreologicznej oraz jej badania eksperymentalne
- Opracowanie adaptacyjnego pneumatycznego zawieszenia samolotu oraz jego implementacja i badania eksperymentalne.

Praca stanowi rozwiązanie kilku postawionych zadań badawczych z zakresu projektowania i implementacji adaptacyjnych układów absorpcji energii udaru i można ją zaliczyć do obszaru konstrukcji inteligentnych, na które jest coraz większe zapotrzebowanie. Do największych zalet recenzowanej pracy należy weryfikacja doświadczalna proponowanych rozwiązań.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Do uwag dyskusyjnych i krytycznych zaliczyłbym:

- Praca jest napisana w sposób bardzo chaotyczny, trudno jest znaleźć związek pomiędzy poszczególnymi rozdziałami. Praca jest w moim odczuciu zbiorem prac jakie wykonał Autor w czasie realizacji różnych projektów badawczych. Już samo sformułowanie celu pracy sugeruje kilka jej niezależnych wątków.
- Brak jest w pracy spójnych wniosków, na końcu pracy Autor zamieścił podsumowanie, w którym jeszcze raz podał zakres swoich osiągnięć, ale nie podał wniosków jakie można sformułować na podstawie uzyskanych wyników badań.
- Bardzo pobieżnie potraktowana jest część pracy dotycząca opisu implementacji układu sterowania adaptacyjnego zawieszenia lotniczego; nie opisano procedury sterowania optymalnego zawieszeniem, nie pokazano zalet tego sterowania, np. porównując skuteczność absorpcji energii z zawieszeniem pasywnym.
- Na stronie 25 Autor proponuje dopasowanie charakterystyki układu do energii obciążenia dynamicznego; należy wyjaśnić co oznacza energia obciążenia dynamicznego
- Na stronie 27 Autor podaje pojęcie zmiennych obciążeń udarowych; pojęcie to należy wyjaśnić, to samo dotyczy stwierdzenia o energii kinetycznej związanej z obciążeniem dynamicznym.
- Definicja sterowania aktywnego podana w pracy jako proces bez dostarczania energii z zewnątrz jest zupełnie inna jak w klasycznej literaturze z tego zakresu. Odnoszenie sterowania aktywnego tylko do przyjęcia strategii sterowania nie jest poprawne.
- Na stronie 46 podana jest nieliniowa macierz sztywności, nigdzie w pracy nie zdefiniowano tych nieliniowości,
- W pracy rozważano udar w sposób klasyczny jako proces bezczasowy, w rzeczywistości jest to proces o skończonym czasie trwania, jak wpływa to na otrzymane rozwiązania.
- Należy wyjaśnić jaki sens praktyczny ma uzyskanie rozwiązań optymalnych lokalnie I_2 i I_3 . Czy przy obciążeniach udarowych sens mają średnie przyspieszenia?

- W przypadku konstrukcji MFM nie podano jak sterować prądem w tłumikach magneto reologicznych (Autor podał (str. 109), przez odpowiedni dobór prądu). Jest to zbyt lakoniczna informacja aby ocenić poprawność rozwiązania np. pod kątem zapotrzebowania na energię.
- Nie zgadzam się z Autorem, który stwierdził (str 102), że program uruchamiany w systemie czasu rzeczywistego jest mniej deterministyczny niż program napisany w języku niskiego poziomu. Systemy czasu rzeczywistego są różne, te najlepsze nie pozwalają działać oprogramowaniu w sposób losowy, natomiast ułatwiają w sposób zdecydowany programowanie i mogą mieć jądro skalowane w zależności od potrzeb.
- Autor opisując wyniki testów aktywnego zawieszenia samolotu (rys. 5.37) podaje przebiegi siły pionowej przyziemia, które w przypadku sterowania optymalnego są większe, dlaczego?
- Wykres na rysunku 5.38 jest zupełnie nieczytelny

Generalnie praca zawiera bardzo dużo ciekawych rezultatów, które opisane są w sposób bardzo pobieżny, co utrudnia zrozumienie idei niektórych pomysłów, głównie praktycznych Autora.

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę powyższą ocenę treści rozprawy, jak również jej poprawną formę uważam, że spełnia ona wymagane stawiane pracom doktorskim przez ustawę o tytułach i stopniach naukowych i **może być dopuszczona do publicznej obrony.**

