

Prof. dr hab. inż. Bogdan SAPIŃSKI
Katedra Automatyzacji Procesów
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
deep@agh.edu.pl

Kraków, 06.06.2008.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Grzegorza MIKUŁOWSKIEGO**

pt.

Adaptive impact absorbers based on magnetorheological fluids

Promotor: prof. dr hab. inż. **Jan HOLNICKI-SZULC**

1. Wstęp

Recenzję rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem opracowano na podstawie zlecenia Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Polskiej Akademii Nauk z dnia 01.04.2008.

Podstawę do przygotowania rozprawy mgr inż. G. MIKUŁOWSKIEGO stanowił projekt badawczy pt. „Adaptive Landing Gears for Improved Impact Absorption” (ADLAND) wykonywany w latach 2003–2006, w ramach 6-tego Programu UE przez konsorcjum 8 ośrodków naukowo-badawczych. Celem tego projektu było zbadanie możliwości wprowadzenia różnego typu adaptacyjnych (semiaktywnych) absorberów energii uderzeń nazywanych AIAs (adaptive impact absorbers) w klasycznych podwoziach samolotów, aby na tej podstawie ocenić, czy realnym jest wykonanie adaptacyjnej wersji takiego podwozia dla lotnictwa cywilnego nazywanej ALG (adaptive landing gear). Jedną z kluczowych metod rozwiązania tego problemu w realizowanym projekcie było zastosowanie absorbera z cieczą magnetoreologiczną (MR) oraz zaprojektowanie, wykonanie i zbadanie odpowiedniego układu sterowania. Doktorant uczestniczył w badaniach prowadzonych na rzecz tego projektu, czego udokumentowaniem są między innymi współautorskie publikacje, w tym 2 w czasopismach z listy filadelfijskiej, 1 w czasopiśmie Machine Dynamics Problems oraz referaty wygłoszone na 2 krajowych i 5 zagranicznych konferencjach naukowych. Należy zaznaczyć, że fragmenty rozprawy wykorzystano w podrozdziale „Adaptive impact absorbers” książki pt. „Smart Technologies for Structural Safety”. Książka ta została wydana pod redakcją Promotora rozprawy przez wydawnictwo Wiley w 2008 roku.

Rozprawa, napisana w języku angielskim, liczy 139 stron, składa się z 7 rozdziałów (str. 1–116), wykazu bibliograficznego liczący 104 pozycje (str. 117–126), 2 dodatków (str. 127–134) oraz wykazów rysunków (str. 135–138) i tabel (str. 139).

2. Problematyka rozprawy

Redukcja wymuszeń kinematycznych i siłowych działających na obiekty jest jednym najbardziej praktycznych zagadnień dynamiki maszyn. Nadmierne drgania, uderzenia i wstrząsy obiektów stanowią bowiem poważny problem podczas ich eksploatacji. Dotyczy to szczególnie kwestii bezpieczeństwa oraz niekorzystnego oddziaływania na człowieka.

Redukcja drgań, szczególnie tych o niskiej częstotliwości, za pomocą tradycyjnych układów pasywnych jest na zwykle niewystarczająca. Bardziej skuteczne może być w takim przypadku zastosowanie układów aktywnych, których działanie polega na generowaniu dodatkowych sił działających na obiekt przy wykorzystaniu układu sterowania. Układy aktywne są kosztowne i wymagają dużego zapotrzebowania na energię. Nieznacznie gorsze efekty uzyskuje się stosując układy semiaktywne. Ich działanie polega na wykorzystaniu biernych elementów tłumiących i sprężystych, których siły tłumiące i sprężyste mogą być zmieniane w pewnym zakresie. Układy te wymagają zewnętrznego źródła energii na poziomie sygnałowym.

Od pewnego czasu w semiaktywnych układach redukcji drgań wykorzystywane są materiały inteligentne (smart materials) – w rozprawie takim materiałem są ciecze MR. To nowatorskie podejście do problemów aktywnej redukcji drgań, uderzeń i wstrząsów nastęca pewnych trudności. Efektem tych wysiłków jest możliwość doboru optymalnych parametrów układu. Analiza zjawisk dynamicznych, modelowanie i sterowanie takich układów wymaga interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu: mechaniki (szczególnie teorii drgań), elektrotechniki (szczególnie teorii pola magnetycznego), mechaniki płynów, termodynamiki, automatyki, elektroniki i informatyki.

Zagadnienie podejmowane w rozprawie wynika z aktualnego problemu zwiększającego się natężenia ruchu lotniczego, które generuje konieczność sprawnego zarządzania istniejącą flotą i pożądane jest wydłużanie resursu maszyn. Dzięki stosowaniu semiaktywnych układów absorpcji energii uderzeń możliwe jest łagodzenie operacji lądowania samolotów. Potrzeba ta została dostrzeżona przez Komisję Europejską, która sfinansowała projekt badawczy (wspomniany w punkcie 1), którego celem było opracowanie adaptacyjnego podwozia lotniczego dla samolotów cywilnych.

3. Układ i treść rozprawy

Rozprawę podzielono na 7 rozdziałów.

Rozdział 1 wprowadza w problematykę rozprawy. Zawarto w nim ogólne informacje na temat projektowania amortyzatorów, aktywnych podwozi samolotów i cieczy MR. Omówiono także genezę, cele i strukturę pracy.

Rozdział 2 poświęcono głównie modelowi cieczy MR pracującej w trybie przepływu w szczelinie dla założonych wartości indukcji magnetycznej. Model ten zweryfikowano doświadczalnie na specjalnie zbudowanym urządzeniu umożliwiającym wizualizację przepływu cieczy MR.

Rozdział 3 dotyczy analizy pracy i sformułowania modelu tłumika MR firmy Lord Corporation, serii RD-1005-3, który to tłumik użyto do budowy laboratoryjnego modelu aktywnego podwozia samolotu. Zaproponowano model analityczny tego tłumika, który uwzględnia fizyczne efekty występujące podczas jego pracy. Szczególną uwagę zwrócono na problem modelowania przepływu cieczy MR.

Rozdział 4 zawiera dyskusję na temat metod przyspieszania pracy urządzeń MR. Podano główne źródła opóźnień w układzie i zaproponowano rozwiązanie tego problemu, przedstawiając przykładowe eksperymenty.

Rozdział 5 poświęcono zagadnieniom dotyczącym implementacji cieczy MR w adaptacyjnych podwoziach samolotów. Skoncentrowano się na przedstawieniu działania doświadczalnego układu absorpcji energii uderzeń. Przedyskutowano kwestię realizowalności takiego układu z absorberem MR, opisano jego konstrukcję i sprawdzono zgodność z modelem.

Rozdział 6 zawiera dyskusję na temat korzyści wynikających z zastosowania takiego układu. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość jego implementacji w podwoziu samolotu.

Rozdział 7 jest podsumowaniem rozprawy. Zawarto w nim wnioski wynikające z przeprowadzonych badań oraz wskazano na kierunki przyszłych prac dotyczących tematyki rozprawy.

