

Zakład Systemów Złożonych, Pracownia Akustyki

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Politechnika Rzeszowska

tel. (017) 8651074, abranski@prz.edu.pl

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Elżbiety AUGUSTYN

pt. *Redukcja drgań skrętnych belek przy zastosowaniu elementów piezoelektrycznych*

opracowana na zlecenie Pana Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej

prof. dr. hab. inż. Jerzego SŁADKA

1. Ocena analizy stanu wiedzy (literatury i zastosowań w przemyśle) oraz wniosków wynikających z tej analizy

Analiza literatury jest, przede wszystkim, merytoryczna. Wszystkie problemy rozważane później w pracy są wskazane w literaturze. Przegląd literatury jest profesjonalny; przegląd każdego problemu rozpoczyna się od wskazania monografii, poprzez przełomowe publikacje, a kończy na najnowszych publikacjach. Doktorantka podaje treść poszczególnych pozycji literatury. W ten sposób Doktorantka mogła jasno wskazać możliwości kontynuacji głównego zagadnienie pracy.

2. Zagadnienie naukowe, cel, teza, zakres pracy

Doktorantka formułuje i z powodzeniem realizuje zagadnienie naukowe: aktywna redukcja drgań skrętnych belek przy pomocy elementów piezoelektrycznych. Zagadnienie jest rozwiązane numerycznie, a rozwiązanie potwierdzone eksperymentalnie. Pod to zagadnienie naukowe formułuje **cel pracy**: „... sformułowanie metody zastosowania elementów piezoelektrycznych do redukcji drgań skrętnych belek pryzmatycznych i jednorodnych, zasadniczo o przekrojach prostokątnych, przez użycie elementów piezoelektrycznych odpowiednio rozmieszczonych i pobudzanych (sterowanych). ...”.

Teza pracy: „Drgania skrętne belki mogą być zredukowane przez zastosowanie elementów piezoelektrycznych.”

Cel pracy będzie zrealizowany w etapach, nazwane przez Doktorantkę „zakresem realizacji”; w skrócie są to etapy:

1. Stwierdzenie możliwości wystąpienia drgań skrętnych belki; realizacja – rozdział 3,
2. Udowodnienie, że para elementów PZT pobudzana w fazie przeciwnej wytwarza moment skręcający belki; realizacja – rozdział 4,
3. Symulacje redukcji drgań skrętnych przez elementy PZT metodą FDM i FEM; rozdziały 6.1 – 6.3
4. Symulacje redukcji drgań skrętnych metodą FEM dla zmiennych położenia par PZT i przykładowych napięć dla drgań jednomodalnych; rozdziały 6.2 i 6.3.
5. Doświadczalna realizacja redukcji drgań, co stanowi eksperymentalne potwierdzenie wyników symulacji; rozdział 7.

3. Merytoryczna ocena rozwiązania naukowego zagadnienia

W artykule Straub et.al., 2011, zaproponowano stanowisko do doświadczalnego badania zmęczeniowego giętnych lub skrętnych belki Bernoulliego-Eulera. Elementem wzbudzającym była para elementów piezoelektrycznych (PZT).

W pracy Doktorantka rozszerza ten pomysł na zagadnienie redukcji drgań skrętnych belek przez zastosowanie elementów piezoelektrycznych. Polega to na tym, że w tym samym przekroju poprzecznym belki, są zamocowane parami elementy piezoelektryczne wzbudzające i redukujące drgania, z tym że elementy redukujące drgania są wzbudzane w przeciw-fazie do wzbudzających drgania. Ten pomysł Doktorantki jest oryginalny. Doktorantka eksperymentalnie zweryfikowała ten pomysł, Augustyn, Kozień, 2014, i od tego momentu rozpoczęły się regularne badania zagadnienia.

Szczegółowa analiza drgań różnego rodzaju belek jest podana w rozdziale 2, a ten z kolei jest wynikiem rozważań Doktorantki opublikowanych w artykułach Augustyn, 2013; Augustyn, Kozień, 2015b. Wnikliwość analizy zagadnienia oraz układ tekstu świadczy o bardzo dobrej znajomości teoretycznych podstaw tematu.

W rozdziale 3 (Tabela 5) i artykułach Augustyn, Kozień, Prącik, 2014b oraz Augustyn, Kozień, 2015a, Doktorantka potwierdza istnienie niskoczęstotliwościowych drgań własnych skrętnych. Dla przekroju prostokątnego belki opisuje je numerycznie (FEM) i podaje konkretne wartości częstotliwości dla trzech pierwszych modów skrętnych. **Tym samym realizuje pierwszy etap celu pracy.**

W rozdziale 4 i artykule Augustyn, Kozień, 2014 Doktorantka, metodami numerycznymi, wykazuje, że para elementów pobudzana w fazie przeciwnej wytwarza moment skręcający belki. Wykorzystuje ten fakt do tłumienia drgań skrętnych belki, a wyniki symulacji numerycznych przedstawia na rys. 4.2 – 4.4; **realizuje drugi etap celu pracy.**

W ogólności, przy rozważaniu aktywnej redukcji drgań struktur pojawiają się zagadnienia: liczby elementów piezoelektrycznych, ich rozmieszczenia na strukturze oraz wartości przykładanego napięcia. Na podstawie wnikliwej analizy literatury, Doktorantka korzysta z wyników dotyczących innych struktur i z powodzeniem stosuje w postawionym zagadnieniu. W literaturze matematycznie udowodniono, Brański, Szeła, 2010; Brański, Lipiński, 2011; Shoustari, 1964; Wiciak, Trojanowski, 2014a, 2014b, że w przypadku drgań poprzecznych belek najbardziej efektywne jest zastosowanie jednego PZT przyłożonego w miejscach struktury o największej krzywiznie. Tę ideę Doktorantka zastosowała w niniejszej pracy, ale wymagało to dodatkowego, wnikliwego przemyślenia rozmieszczenie PZT (tutaj jest skręcanie, nie zginanie).

Wybór kształtów PZT do redukcji wibracji drgań giętych płyt został uwzględniony w pracach (Wiciak, Trojanowski, 2014a; Wiciak, Trojanowski, 2014b). Niektóre z tych zagadnień Doktorantka uwzględniła w swoich rozważaniach.

W rozdziale 6.1 (FDM), oraz rozdziale 6.2 (FEM) oraz Augustyn, Kozień, 2014, Doktorantka potwierdza, że przy redukcji drgań pierwszego modu najbardziej efektywne położenie elementów piezoelektrycznych powinno być w przekroju maksymalnego momentu skręcającego; w tej symulacji rozpatrzono trzy wartości napięcia. Natomiast w rozdziale 6.3 (FEM), to samo zagadnienie potwierdza dla drugiego modu, gdzie występują dwa obszary o największych momentach skręcających; **realizuje trzeci i czwarty etap celu pracy.**

Doktorantka nie zajmuje się wpływem kształtu piezoelektryków na efektywność redukcji drgań, analogiczne jak Wiciak, Trojanowski, 2014a; Wiciak, Trojanowski, 2014b; jest to nowe zagadnienie i wymaga najpierw rozwiązania, np. dla drgań płyty kwadratowej.

W rozdziale 7 oraz Augustyn, Kozień, Prącik, 2014b; Augustyn, Kozień, Prącik, 2015, Doktorantka doświadczalnie weryfikuje wyniki symulacji komputerowych. Obiektem badań jest utwierdzona belka, natomiast drgania belki wzbudzano impulsowo przez uderzenie młotkiem mimośrodowo końca swobodnego belki; **realizuje piąty etap celu pracy.**

Z powyższego opisu wynika, że Doktorantka zrealizowała cel pracy. Nie stwierdzam błędów merytorycznych.

4. Oryginalność pracy oraz osiągnięcia Doktorantki

Oryginalnością pracy jest zauważony przez Doktorantkę fakt, że para elementów PZT pobudzana w przeciw-fazie może być wykorzystana do redukcji drgań skrętnych belek.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki zaliczam:

1. Zauważenie możliwości wystąpienia drgań skrętnych belek dla określonych kształtów przekroju poprzecznego w zakresie niskoczęstotliwościowym i potwierdzenie tego faktu obliczeniami analitycznymi i symulacjami komputerowymi.

2. Zauważenie i opisanie idei redukcji drgań skrętnych.

3. Zrealizowanie idei redukcji drgań skrętnych; zbudowanie modeli metodami FDM oraz FEM dla pierwszych dwóch modów drgań skrętnych.

4. Zbudowanie stanowiska badawczego oraz eksperymentalne potwierdzenie wyników symulacji.

Wyniki badań Doktorantka, jako współautorka, opublikowała w 13 artykułach, w tym 4 z nich są w czasopismach z listy MNiSW.

5. Edytorska i formalna ocena pracy

Pomimo wysokiego poziomu merytorycznego pracy, edytorska i formalna jest obarczona usterkami. I tak: wzory nie mają stałego lewego marginesu; raz zaczynają się od krawędzi tekstu innym razem na środku.

str. 7, „... na Politechnice Śląskiej w grupie M. Pietrzakowskiego...” – chyba M. Pawełczyka

str. 8, niektóre zdania są długie i niejasne, np.:

„Jeżeli elementy piezoelektryczne są zamocowane do belki w parach w tym samym przekroju poprzecznym w taki sposób, że dwa oddzielne elementy leżą po tej samej stronie belki i napięcia do nich stosowane są w przeciwnej fazie, wytwarzają one momenty skręcające, które – jako zmienne w czasie – można wykorzystać w celu zmniejszenia drgań skrętnych.”

str. 16, „Wartość „gamma” zależy od postaci funkcji własnych (patrz Tabela 1).” – w Tabeli 1 na str. 17 nie ma takiej wielkości. To samo: str. 19 i Tabela 3.

str. 44, rys. 4.5 – 4.7 są nieczytelne, brak opisu osi pionowych i poziomych.

str. 57, „6.3. Symulacja aktywnej redukcji drgań skrętnych belki przy” – przy czym ?

str. 57, rys. 6.4 – 6.6 nieczytelne są opisy osi.

str. 65. zbędne są zdjęcia: Rys.7.6. Wzbudnik elektrodynamiczny model 11075, Rys.7.7. Kontroler elementów piezoelektrycznych PI E-500, Rys.7.9. Arbitralny generator funkcji Rigol serii DG1000

str. 72, w Tab. 7 podano częstotliwości drgań teoretyczne, eksperymentalne i błąd względem częstotliwości teoretycznej. Dla pierwszej częstotliwości skrętnej są podane wszystkie te wartości, natomiast dla drugiej częstotliwości skrętnej tylko wartość teoretyczna. Czyżby wartości eksperymentalnej nie dało się pozyskać ? ... a może błąd był duży ?

Pomimo występowania niewielu edytorskich usterek, praca nie wymaga zmian, czy przeregowania.

6. Uwagi krytyczne i pytania

Uwagi krytyczne i pytania wynikają z faktu, że moje spojrzenie na rozwiązywane zagadnienie jest inne niż Doktorantki, a zatem nie musi się z nimi zgodzić. Niemniej jednak oczekuję odpowiedzi na pytania sformułowane poniżej w trakcie obrony pracy.

1. Cel pracy jest sformułowany zbyt szczegółowo i nieco chaotycznie; na przykład „Rozważane jest zasadniczo zagadnienie redukcji drgań skrętnych o charakterze jednomodalnym.” powinien być w punkcie Zakres realizacji celu pracy. Teza pracy jest już dobrze sformułowana.
2. W rozdziale 5 jest symulacja redukcji drgań skrętnych belek metodą różnic skończonych (FDM), natomiast wszystkie pozostałe symulacje są wykonane metodą FEM.

Pytanie: Co było powodem zmiany metody obliczeń w tym jednym rozdziale ?

3. W przypadku drugiego modu drgań skrętnych występują dwa obszary, w których momenty skręcające przyjmują dwie kolejne największe wartości. rozdział 6.3. W tym przypadku Doktorantka zastosowała dwie pary elementów piezoelektrycznych.

Pytanie: Czy nie bardziej efektywne byłoby zastosowanie jednej pary elementów piezoelektrycznych o większym napięciu pobudzenia?

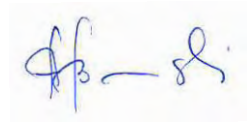
7. Przydatność rozwiązanego zagadnienie w naukach technicznych i przemyśle

Zagadnienie redukcji drgań struktur na poziomie teorii oraz symulacji komputerowych jest stosunkowo nowe. Wiele problemów nie jest jeszcze nawet w dostatecznym zakresie rozpoznane. Tym bardziej dotyczy zagadnień rozważanych w pracy. Niemniej jednak nawet tak wąskie zagadnienie ma duże znaczenie praktyczne. Drgania skrętne występują w łopatkach turbin i jest to zjawisko niepożądane. Łopatki turbiny można traktować jako belki. A zatem, zagadnienie rozważane w pracy ma znaczenie praktyczne.

8. Podsumowanie

Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego wyboru i sformułowania naukowego celu pracy. Następnie logicznie i konsekwentnie, z dobrą znajomością zagadnienia, cel ten zrealizowała numerycznie i eksperymentalnie. To postępowanie świadczy o rzetelności badań i wiarygodności wyników. Z badań poprawnie wyciągnęła wnioski. Wskazała też kierunki rozwoju tematu; trzeba przyznać, że zamierzenia są ambitne. Wyniki tych badań mają zastosowanie praktyczne wskazane przez Doktorantkę. Ponadto Doktorantka formułuje ogólne reguły badań i wyciąga ogólne wnioski. Stąd praca ma charakter naukowy.

Stwierdzam, że praca mgr inż. Elżbiety AUGUSTYN spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami. **W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony i nadanie Doktorantce stopnia doktora nauk technicznych.**



Wniosek o wyróżnienie pracy

Doktorantka zauważa znaczący problem naukowy: redukcja drgań skrętnych belek. Najpierw krytycznie przegląda literaturę. Formułuje problem naukowy oraz cel jego realizacji. Rozpisuje problem na etapy i konsekwentnie je realizuje. Najpierw buduje model matematyczny zagadnienia. Następnie rozwiązuje ten model metodami numerycznymi. Wyniki potwierdza eksperymentalnie. Tym samym realizuje cel pracy.

Z punktu widzenia merytorycznej oceny pracy oraz algorytmu jej realizacji, praca zasługuje na wyróżnienie. Stawiam więc wniosek o wyróżnienie pracy mgr inż. Elżbiety AUGUSTYN pt. *Redukcja drgań skrętnych belek przy zastosowaniu elementów piezoelektrycznych.*

