

Analysis of Dynamic Characteristics of Conceptual Vibration Reduction System

Doctoral Dissertation

Damian Dziedzioch



**Silesian University
of Technology**

Damian Dziedzioch

Analysis of Dynamic Characteristics of Conceptual Vibration Reduction System

Doctoral Dissertation

Department of Power Engineering and Turbomachinery
Faculty of Energy and Environmental Engineering
Silesian University of Technology
Gliwice, 2020



**Silesian
University
of Technology**

Author:

Damian Dziedziuch, M.Sc.

Department of Power Engineering and Turbomachinery

Faculty of Energy and Environmental Engineering

Silesian University of Technology

E-Mail: Damian.Dziedziuch@gmail.com

Supervisor:

Grzegorz Nowak, Ph.D., D.Sc.

Professor at Silesian University of Technology

Department of Power Engineering and Turbomachinery

Faculty of Energy and Environmental Engineering

Silesian University of Technology

E-Mail: Grzegorz.Nowak@polsl.pl

Polish title:

Analiza Charakterystyki Dynamicznej Konceptyjnego Układu Redukcji Drgań

German title:

Analyse der dynamischen Eigenschaften eines konzeptionellen Schwingungsreduktionssystems

Reviewers:

Andrzej Stefański, Professor

Division of Dynamics

Faculty of Mechanical Engineering

Technical University of Lodz

E-Mail: Andrzej.Stefanski@p.lodz.pl

Marek Galewski, Ph.D., D.Sc.

Professor at Gdańsk University of Technology

Department of Mechanics and Mechatronics

Faculty of Mechanical Engineering

Gdansk University of Technology

E-Mail: Marek.Galewski@pg.edu.pl

STRESZCZENIE

Analiza Charakterystyki Dynamicznej Konceptyjnego Układu Redukcji Drgań

Drgania mechaniczne są immanentnym zjawiskiem towarzyszącym eksploatacji maszyn. Dążenie do wzrostu wydajności maszyn zwykle prowadzi do dodatkowych obciążeń dynamicznych, a zwiększanie wymiarów lub “odchudzanie” konstrukcji – do istotnych zmian właściwości dynamicznych. To stwarza nowe wyzwania związane z poprawą zachowania dynamicznego maszyn, przekładające się na kulturę ich pracy i niezawodność. W przypadku maszyn produkcyjnych wibracje z reguły pogarszają jakość produktu. Wyzwaniem dla przemysłu maszynowego jest zatem znalezienie skutecznych i ekonomicznych, a zarazem prostych w eksploatacji i przyjaznych dla środowiska rozwiązań redukujących niepożądane drgania.

Głównym celem dysertacji było opracowanie nowego układu redukcji drgań (ang. CVRS – Conceptual Vibration Reduction System) dla trzech różnych typów maszyn produkcyjnych oraz analiza dynamiczna opracowanego rozwiązania. Założono, że ma to być urządzenie proste konstrukcyjnie, a przez to niezawodne i atrakcyjne ekonomicznie. Jednocześnie konstrukcja maszyn, w których układ CVRS miał być stosowany, wymagała, by nowe urządzenie było stosunkowo płaskie. Zaproponowane rozwiązanie działa na zasadzie dynamicznego eliminatora drgań (ang. TMD – Tuned Mass Damper). TMD jest głównie stosowany w inżynierii lądowej (mosty i wieżowce) i klasycznie składa się z zestawu elementów sprężystych, bezwładnościowych oraz dyssypacyjnych (np. tłumików). W opracowanym urządzeniu rolę elementu sprężystego pełni płaska płyta, na której zamocowane są mniejsze płyty pełniące rolę wibrujących mas, zaś źródłem tłumienia są wyłącznie naturalne zjawiska – m.in. tarcie występujące pomiędzy płytami. CVRS nie posiada zatem klasycznych tłumików, co redukuje koszty urządzenia oraz sprawia, że system jest kompaktowy.

Ponieważ badane maszyny pracują przy różnych prędkościach obrotowych wału głównego, ich dynamiczna ocena przed i po instalacji CVRS została przeprowadzona z wykorzystaniem analizy rzędów. Omawiane maszyny, które są nowymi konstrukcjami, wykazywały tak duże amplitudy drgań w zakresie obrotów roboczych, że niemożliwa była ich efektywna eksploatacja. Dzięki zastosowaniu układu CVRS, zredukowano maksymalną amplitudę drgań wszystkich trzech typów maszyn, co rozwiązało problem. Przeprowadzono szereg pomiarów na omawianych maszynach, potwierdzających skuteczność pracy układu CVRS. W przypadku maszyny pierwszego typu, bez układu CVRS maksymalna amplituda przemieszczenia drgań była o 50%, zaś dla maszyny drugiego typu o 57% wyższa niż wartości zmierzone po zainstalowaniu CVRS. W przypadku trzeciego typu maszyny, bez proponowanego

rozwiązania maksymalna amplituda przyspieszenia drgań była o 37% wyższa niż podczas pracy z zamontowanym układem CVRS. Przedstawione korzyści związane z redukcją drgań uzyskano za pomocą urządzenia, które ze względu na wykorzystane do jego budowy materiały jest przyjazne dla środowiska i zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Opracowany układ CVRS nadaje się do recyklingu i jest w 100% pasywny, co oznacza, że nie wymaga do działania zewnętrznego źródła zasilania.

W dysertacji, zmierzając do osiągnięcia głównego celu, omówiono zagadnienia modelowania drgań, zarówno w ujęciu analitycznym, jak i numerycznym. Następnie dokonano przeglądu różnych sposobów redukcji drgań wykorzystywanych w wielu dziedzinach techniki. Ponieważ jednym z podstawowych źródeł informacji o stanie dynamicznym maszyn i konstrukcji jest pomiar, wiele miejsca poświęcono problemom eksperymentalnej oceny stanu dynamicznego obiektów technicznych. Dotyczy to zarówno technik pomiarowych, jak i obróbki otrzymanych sygnałów drganiowych. Właściwe przeprowadzenie pomiarów dynamicznych, a także fachowa interpretacja ich wyników, jest często jedynym sposobem znalezienia źródła drgań, określenia ich charakteru oraz wyznaczenia odpowiedzi konstrukcji, co w konsekwencji umożliwia opracowanie metod ich skutecznej redukcji.