

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

ZUSAMMENFASSUNG

Analyse der dynamischen Eigenschaften eines konzeptionellen Schwingungsreduktionssystems

Mechanische Schwingungen sind ein immanentes Phänomen während des Betriebs von Maschinen. Das Bestreben, den Leistungsgrad von Maschinen zu erhöhen, bedingt in der Regel zusätzliche dynamische Belastungen, ebenso führt eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Abmessungen zu signifikanten Veränderungen der dynamischen Eigenschaften. Daraus ergeben sich neue Herausforderungen in Bezug auf das dynamische Verhalten von Maschinen. Die Bewältigung dieser Herausforderungen zeichnet dann Maschinen hinsichtlich Leistung und störungsfreien Betrieb aus. Im Falle von Produktionsmaschinen verschlechtern Schwingungen in der Regel die Produktqualität. Um unerwünschte Schwingungen zu reduzieren, steht die Maschinenbauindustrie daher vor der Herausforderung, effektive und wirtschaftliche Lösungen zu finden, die einfach zu bedienen und gleichzeitig umweltfreundlich sind.

Das Hauptziel der Dissertation bestand darin, ein neuartiges System zur Schwingungsreduzierung (engl. CVRS – Conceptual Vibration Reduction System) für drei verschiedene Typen von Produktionsmaschinen zu entwickeln und eine dynamische Analyse der erzielten Lösung durchzuführen. Die zugrundeliegende Annahme war, dass dieses System einfach in der Konstruktion und aufgrund dieser Einfachheit zuverlässig und wirtschaftlich attraktiv sein sollte. Außerdem musste das neue System angesichts der Struktur der Maschinen, in denen es eingesetzt werden sollte, eine relativ geringe Bauhöhe aufweisen. Das vorgeschlagene System funktioniert nach dem Prinzip eines Tilgers (engl. TMD – Tuned Mass Damper). Tilger werden hauptsächlich im Bauwesen (Brücken und Hochhäusern) eingesetzt und sind in ihrer klassischen Form ein System bestehend aus elastischen Elementen, Trägheitselementen und Dissipationselementen (z. B. Dämpfern). Bei dem entwickelten CVRS wird die Funktion des elastischen Elements von einer flachen Platte übernommen, an der kleinere Platten befestigt sind, die als schwingende Massen wirken. Die Dämpfung des CVRS kommt ausschließlich durch natürliche Effekte zustande, u. a. durch die Fugendämpfung in Form der zwischen den Platten auftretenden Reibung. Das CVRS hat daher keine üblichen Dämpfer, wodurch die Kosten reduziert werden und das System sehr kompakt wird.

Da die betrachteten Maschinen mit unterschiedlichen Drehzahlen der Hauptwelle arbeiten, wurde eine dynamische Bewertung vor und nach der CVRS-Installation mittels einer Ordnungsanalyse vorgenommen. Die Maschinen, bei denen es sich um Neukonstruktionen handelt, wiesen im Betriebsdrehzahlbereich so hohe Schwingungsamplituden auf, dass ein

effizienter Betrieb nicht möglich war. Das CVRS reduzierte die maximale Schwingungsamplitude bei allen drei Maschinentypen, womit die Probleme behoben wurden. Es wurde eine Reihe von Messungen an den Maschinen durchgeführt und die Ergebnisse der Ordnungsanalysen bestätigten die Wirksamkeit des CVRS. Beim ersten Maschinentyp war vor der Installation des CVRS der maximale Schwingweg um 50% und beim zweiten Maschinentyp um 57% höher als bei den Messungen mit dem CVRS. Beim dritten Maschinentyp war die maximale Schwingungsbeschleunigung vor Installation des CVRS um 37% höher als bei den Messungen mit dem CVRS. Diese Vorteile der Schwingungsreduzierung wurden durch das CVRS erreicht, das aufgrund der bei seiner Konstruktion verwendeten Materialien umweltfreundlich ist und in voller Übereinstimmung mit den Prinzipien der Nachhaltigkeit steht. Das untersuchte CVRS ist recycelbar und zu 100% passiv, was bedeutet, dass es keine zusätzliche externe Energiequelle zum Betrieb benötigt.

Um die Zielstellung zu erreichen, wurden in der Dissertation die Ansätze der Schwingungsmodellierung sowohl in analytischer als auch in numerischer Hinsicht präsentiert. Anschließend wurde ein Überblick über die verschiedenen Methoden der Schwingungsreduktion in vielen Bereichen der Technik gegeben. Da eine der grundlegenden Informationsquellen über den dynamischen Zustand von Maschinen und Strukturen die Messung ist, wurde den Aspekten der experimentellen Bewertung dynamischer Zustände viel Raum gewidmet. Dies betrifft sowohl die Messtechnik als auch die Verarbeitung der aufgezeichneten Schwingungssignale. Eine sorgfältige Durchführung dynamischer Messungen, kombiniert mit einem fallbasiert angemessenen Interpretationsansatz der Ergebnisse, ist oft der einzige Weg, um die Schwingungsquelle zu finden, ihren Charakter festzustellen und die Reaktion der Struktur auf die Anregung zu bestimmen. Letztlich ist dies die Voraussetzung für die Entwicklung wirksamer Methoden zur Verringerung unerwünschter Schwingungen.