



Technische Universität Wien
Institut für Mechanik und Mechatronik
Abteilung für Maschinendynamik und Messtechnik



Wiedner Hauptstrasse 8-10
A – 1040 Vienna

Notes of the course 325.028 – Wintersemester 2009

Advanced techniques in applied modal analysis and vibro-acoustic modelling

Skriptum zur Vorlesung

Moderne Methoden für die experimentelle Modalanalyse und schwingungs-akustische Modellbildung

Vortragender:

Gastprofessor Dr. Ing. Alessandro Zanmarini
DIEM, Mechanical Engineering Dept.
University of Bologna, Italy
a.zanmarini@unibo.it

Aim of the course

Dynamic modelling of mechanisms and structures plays a key role in assessing the behaviour of the components regarding vibro-acoustics targets, product optimisation, fatigue life and noise/sound quality assessment. Noise, Vibration and Harshness (NVH) studies give the opportunity to explore in deep the vibro-acoustic behaviour in time and frequency domains by means of proper operations on structural matrices and experimental data, to achieve an optimised configuration of the product, to simulate/test structural modification effects and responses from measured inputs, to evaluate the damage made by a specific sequence of loading events, to obtain the sound emission from a running machine.

NVH design of complex mechanisms and structures requires specific insight on the techniques used to extract models from modal and vibro-acoustic testing or to build effective numerical tools. The use of different technologies to build the so called “hybrid” models asks for a deep understanding of the opportunities and drawbacks of related procedures.

The aim of the course is to give the student more insight on the fundamentals of modern dynamic modelling techniques in vibro-acoustics domain. The student will face the extended capabilities of topics coming from the knowledge of previous courses, such as advanced matrix algebra, Frequency Response Functions, experimental testing, basic modal and FE-modelling.

Subject of the course

The first part of the course will deal with analytical and experimental modal analysis fundamentals, with particular attention to modal parameter estimation algorithms in multi-degree-of-freedom systems, in time and frequency domains, also with potential application to full-field optical measurements; model validation, structural modification and optimization will follow, combining numerical and experimental models.

The second part of the course will be an introduction to technical acoustics and its fundamentals. In particular the student will be introduced to vibro-acoustic modal analysis, noise and vibration transfer path analysis, source localization, and to numerical acoustics, with overview on solution and optimisation methods, finite and boundary elements approaches, and also opportunities for full-field vibration measurements.

Ziel der Lehrveranstaltung

Die dynamische Modellierung von Mechanismen und Strukturen spielt eine wichtige Rolle für die Vorhersage des Verhaltens von Komponenten hinsichtlich Schwingungen, Geräuschbildung und Funktionsdauer. Geräusch-, Schwingungs- und Festigkeitsuntersuchungen (engl. Noise, Vibration, Harshness, kurz „NVH“) ermöglichen sehr fundierte Vorhersagen über das Vibro-Akustische-Verhalten im Zeit- und Frequenzbereich unter Einbeziehung von experimentellen Daten und der Strukturmatrizen. Dadurch können sehr effizient Produktoptimierungen durchgeführt, Auswirkungen von Modifikationen oder Ermüdungsverhalten mittels Simulation bzw. Messung erkannt und die zu erwartende Geräuschentwicklung einer im Betrieb befindlichen Maschine vorhergesagt werden. NVH-Design von komplexeren Maschinen und Strukturen erfordert gute Kenntnis dieser modernen Methoden, um Modelle aus den experimentellen Modalanalyse-Ergebnissen oder den Vibro-Akustik-Versuchen zu erstellen.

Das Ziel dieser Lehrveranstaltung ist den Studierenden einen Überblick über die Grundlagen moderner dynamischer Modellbildung im vibro-akustischen Bereich zu geben.

Inhalt der Lehrveranstaltung

Der erste Teil der LVA beinhaltet im Wesentlichen Grundlagen zur analytische und experimentelle Modalanalyse, z.B. Algorithmen zur Schätzung modaler Parameter von Mehrfreiheitsgradsystemen im Zeit- und Frequenzbereich aber auch die Anwendung von optischen Voll-Feld-Messungen. Zusätzlich werden Modellverifikation, strukturelle Veränderungen und Optimierungen, in Verbindung mit numerischen und experimentellen Modellen behandelt.

Der zweite Teil der LVA beinhaltet eine Einführung in die technische Akustik. Den Studierenden werden besonders die Schwingungs-Akustische-Modalanalyse, die Übertragungsweg-Analyse von Lärm und Schwingungen, die Quellenlokalisierung und die numerische Akustik vermittelt. Insgesamt soll ein Überblick über Lösungs- und Optimierungsmethoden, über FE- und Grenzelemente-Ansätze sowie die Möglichkeit einer Voll-Feld-Schwingungs-Messung vermittelt.

Foreword

The notes of the course “Advanced techniques in applied modal analysis and vibro-acoustic modelling” were prepared with the aim of being nothing else than a trace for the class lessons, that might be integrated during the course, but that can be a valuable reference for the students in the study of the many mathematical steps involved.

Below are reported the main titles from literature used in the present notes.

Vorwort

Das Skriptum zur Lehrveranstaltung „Moderne Methoden für die experimentelle Modalanalyse und schwingungs-akustische Modellbildung“ ist bewusst als „Fragmentskriptum“ ausgeführt, damit die im Zuge des Vortrags gemachten Erläuterungen an passender Stelle durch den Hörer ergänzt werden können und andererseits lästige Schreiarbeit wegfällt.

Diese Unterlagen diene nur zur Lehrzwecken, sie wurden im wesentlichen aus folgender Fachliteratur zusammengestellt:

- W. Heylen, S. Lammens, P.Sas, *Modal Analysis Theory and Testing*, Katholieke Universiteit Leuven (Belgium), 1998, ISBN 90-73802-61-X;
- D.J. Ewins, *Modal testing: theory, practice and application*, 2nd edition, Research Studies Press LTD., 2000, ISBN 0-86380-218-4;
- ISAAC15-Applied & numerical acoustics - course notes, Katholieke Universiteit Leuven (Belgium), 2004.

Wien, im Oktober 2009

Alessandro Zanmarini