



Technische Universität Wien
Institut für Mechanik und Mechatronik
Abteilung für Maschinendynamik und Messtechnik
o.Prof. Dr. H. Springer



Wiedner Hauptstrasse 8-10
A – 1040 Vienna

Notes of the course 325.026 – Sommersemester 2009

Complementary approaches in structural dynamics and experimental modelling

Skriptum zur Vorlesung
**Ergänzende Methoden in der
Strukturdynamik und
experimentellen Modellbildung**

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

Wien, im März 2009

Aim of the course

In experimental testing and complex mechanical structure modelling it is possible to use dedicated techniques whenever the trade-off between modelling result and costs is the best achievable. There might be parts of a complex machine/mechanism or complex phenomena that can be modelled with higher accuracy by means of techniques that exploit directly the experimental measurements in combination to numerical modelling and modal models. There might also be the need of advanced and non-conventional experimental techniques that enhance the experimental evaluation of the dynamic behaviour of the components.

The aim of the course is to give the student the overview on tools of dynamic modelling that can be successfully used beside the more traditional modal analysis approach. The student will face the extended capabilities of topics coming from the knowledge of previous courses, such as Frequency Response Functions, experimental testing, modal and FE-modelling.

Subject of the course

Time-Domain Component Mode Synthesis will be introduced for the importance of the selection of the proper eigenmode base in dynamic substructuring. In particular, the interface behaviour will be discussed to model the coupling of part models.

FRF-Based Sub-structuring and Transfer Path Analysis, also in terms of hybrid coupling of heterogeneous results coming from experiments, modal and numerical modelling, will be introduced in order to assess the best & joined modelling of complex problems, exploiting each technique at its best, such as vibro-acoustic modelling in vehicles.

The evaluation of the kinematic-based variability of the dynamic behaviour of complex spatial mechanisms will be illustrated to highlight the need of the proper dynamic modelling in each machine configuration.

The emerging full-field dynamic measurement techniques will be explained and shown in lab sessions to extract from experiments the whole field of surface displacements of a component, as the preliminary experimental assessment for complex dynamic behaviour of components, for dynamic strains, stresses and fatigue evaluation, and for accurate benchmark in vibro-acoustic modelling.

Ziel der Lehrveranstaltung

Für experimentelle Untersuchungen und in der Modellbildung von mechanischen Strukturen ist es wichtig, die jeweils am besten geeignete Methode einzusetzen. Dadurch kann ein guter Kompromiss zwischen der Qualität der Ergebnisse und der Kosten erreicht werden. Komponenten von komplexen Maschinen oder Mechanismen bzw. komplizierte Phänomene können nur mit hoher Genauigkeit modelliert werden, wenn für die Modellbildung die Ergebnisse aus experimentellen Messungen herangezogen werden. Vorteilhafterweise können auch neue, unkonventionelle experimentelle Technologien, wie z.B. Synthese der Schwingungsformen in der Zeitdomäne, FRF-basierende Subkomponenten- und Übertragungsweganalyse, eingesetzt werden, wodurch das dynamische Verhalten der modellierten Komponenten an das reale Verhalten besser angenähert werden kann.

Ziel der Vorlesung ist, einen Überblick über moderne Methoden der dynamischen Modellbildung mit Einbeziehung experimenteller Ergebnisse zu vermitteln, die neben der eher traditionellen Modalanalyse eingesetzt werden können. Diese Vorlesung ermöglicht Kenntnisse aus vorangegangenen Vorlesungen, wie Übertragungsfunktionen, experimentelle Untersuchungen, modale und FE- Modellbildung zu vertiefen.

Inhalt der Lehrveranstaltung

Es wird das Prinzip der Synthese von Schwingungsformen einzelner Komponenten vorgestellt. Sie ist wichtig für die Auswahl der richtigen Eigenmoden in der dynamischen Modellierung, insbesondere bei der Zusammensetzung einzelner Komponenten.

Übertragungsfunktions- und -weg-Analyse, werden hinsichtlich hybrider Verknüpfungen von heterogenen Ergebnissen, aus Experimenten, aus Modalanalyse und numerischer Modellbildung vorgestellt. Die Kombination der verschiedenen Prinzipien zeigt, dass dadurch eine höhere Genauigkeit für komplexere Problemstellungen erreicht wird, wie beispielsweise bei der akustischen Modellbildung von Fahrzeugen.

Die Technologie der großflächigen, feinauflösenden dynamischen Messung wird erläutert und im Labor demonstriert. Sie bildet eine hocheffiziente Untersuchungsmethode zur Bestimmung des dynamischen Verhaltens von Komponenten, z.B. dynamischer Zug/Druck, Ermüdungsverhalten und liefert die erforderlichen Kenndaten für eine akustische oder schwingungstechnische Modellbildung.

Foreword

The notes of the course “Complementary approaches in structural dynamics and experimental 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 „Ergänzende Methoden in der Strukturodynamik und experimentellen 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:

- A. Zanmarini, *Development of numerical and experimental procedures for dynamic analysis of automotive vehicles*, PhD. Dissertation, DIEM, Università di Bologna, Italy, 2003, <http://diem1.ing.unibo.it/dottorato/meccanica/zanmarini.pdf>;
- R. R. Craig, Jr., *Structural dynamics – An introduction to Computer Methods*, John Wiley & Sons, 1981, ISBN 0-471-04499-7;
- 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;
- E. J. Haug, *Computer aided kinematics and dynamics of mechanical systems – Volume I: basic methods*, Allyn & Bacon, 1989, ISBN 0-205-11669-8;
- A. Zanmarini, “Full-field ESPI techniques in structural dynamics”, in *Seconda giornata di studio Ettore Funaioli - 18 luglio 2008*, a cura di U. Meneghetti, A. Maggiore, V. Parenti Castelli, Quaderni di ricerca del DIEM, Atti di convegno, ed. a stampa Asterisco, Bologna, pp. 31-56, 2009, ISBN 978-88-86909-53-2, electronic version <http://amsacta.cib.unibo.it/archive/00002552/>

Wien, im März 2009

Alessandro Zanmarini