



Doctoral Thesis

Modalanalyse und Modifikationsrechnung Anwendungsprinzipien, Möglichkeiten und Grenzen bei Werkzeugmaschinenstrukturen

Author(s):

Looser, Walter

Publication Date:

1983

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000309877> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH 7376

MODALANALYSE UND MODIFIKATIONSRECHNUNG
Anwendungsprinzipien, Möglichkeiten und Grenzen
bei Werkzeugmaschinenstrukturen

ABHANDLUNG

zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH

vorgelegt von

LOOSER WALTER
Dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 10. Februar 1952
von Ebnat-Kappel SG

Angenommen auf Antrag von

Prof. E. Matthias, Referent
Prof. Dr. G. Schweitzer, Korreferent

1983

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Beschreibung und Verbesserung der Dynamik von Maschinenstrukturen. Im Zentrum der Betrachtungen steht dabei die Anwendbarkeit der Modalanalyse und der Strukturmodifikationsrechnung auf Werkzeugmaschinenstrukturen.

Einleitend wird die Abhängigkeit der Präzision einer Werkzeugmaschine von der dynamischen Strukturnachgiebigkeit erläutert. Es wird eine kurze Uebersicht über bestehende Erfassungs-, Beschreibungs- und Verbesserungsmethoden gegeben. Zur Erklärung der Zusammenhänge und zur Definition von Begriffen und Symbolen wird ein Abriss der Grundlagen der experimentellen Modalanalyse vermittelt.

Das erste Hauptthema stellt dann Anwendungsprinzipien der Modalanalyse für das Vorgehen vor. Von Bedeutung ist dabei das Konzept der Vorversuche, welches Linearitäts- und Stationaritätstests, Schnittversuche, Relativmessungen und eine Erregungsortanalyse vorsieht, und welches erlaubt, die Analysierbarkeit einer Struktur besser zu beurteilen. Im weiteren wird ein Ueberblick über die bestehenden Identifikationsmethoden gegeben. An einem Beispiel wird eine oft nicht beachtete Problematik aufgezeigt, die sich vorallem bei der Identifikation gekoppelter Resonanzen mit einfacheren Verfahren stellt. Daraus werden Richtlinien für die Identifikation abgeleitet. Es werden dann zwei neue Identifikationsverfahren vorgestellt, der Ortskurvenfit und die Gesamtidentifikation und weitere Möglichkeiten der Identifikation diskutiert.

Das zweite Hauptthema bildet die Strukturmodifikationsrechnung. Es wird eine neue Methode vorgestellt, mit welcher die modalen Parameter einer modifizierten Struktur aus jenen der ursprünglichen berechnet werden können. Das Verfahren lässt Veränderungen der lokalen physikalischen Eigenschaften zu, wie Massen-, Steifigkeits- und Dämpfungsveränderungen, aber auch die Addition von Hilfsmassendämpfern und anderen Substrukturen. Es wird dann an einigen Beispielen die Problematik der Modifikationsrechnung erläutert. Sie führt im wesentlichen auf die Genauigkeit und Grenzen des Modells aus der Modalanalyse.

Die Arbeit kommt zum Schluss, dass die Gewinnung eines linearen Modells für die Beschreibung der Dynamik von qualitativ bereits hochstehenden Werkzeugmaschinen sehr problematisch ist. Die Verbesserung der linearen Modelle unter Verwendung von neuen noch zu entwickelnden Mess- und Identifikationstechniken ist aber noch möglich.

SUMMARY

The subject of this thesis is the description and improvement of machine structure dynamics. The applicability of modal analysis and the calculation of structural modifications to machine tools stands at the center of the investigation.

As an introduction, the accuracy dependence of a machine tool on its structural compliance is explained. A brief synopsis of existing measurement, description and improvement methods is given. To explain the relationships and to define terms and symbols, the fundamentals of experimental modal analysis are outlined.

The first main topic then introduces modal analysis application principles. Of significance here is the concept of preliminary tests, which foresees linearity and stationarity tests, cutting tests, relative measurements and an analysis of exciter locations, which allow a better evaluation of the analysability of a structure. An overview of existing identification methods is also given. With an example, an often ignored problem is shown which is encountered especially in the identification of coupled resonances by simple methods. Guidelines for the identification are deducted therefrom. Two new identification methods are then introduced, a fit in the Nyquist plane and the overall identification. Further possibilities of identification are also discussed.

The second main topic is the calculation of structural modifications. A new method is presented by which the modal parameters of a modified structure can be calculated from these of the original structure. This method allows changes of local physical properties, such as changes in mass, stiffness and damping, but also the addition of auxiliary mass dampers and other substructures. Problems of modification calculations are then explained with a few examples. This leads essentially to the accuracy and limits of the model obtained from modal analysis.

The thesis concludes that it is very problematic to derive a linear model to describe the dynamics of machine tools which are already on a high technological level. However, it is possible to improve linear models by using new measurement and identification techniques which still have to be developed.