

Aktive Schwingungsdämpfung

21.2. bis 27.2.1988

Die Tagung fand unter der Leitung der Herren Hagedorn (Darmstadt), Knobloch (Würzburg) und Krabs (Darmstadt) statt. Es trafen sich Mathematiker und Ingenieure, um über aktive Schwingungsdämpfung unter theoretischen und praktischen Gesichtspunkten zu diskutieren. Die überwiegende Zahl der Vorträge war auch diesem Themenkreis gewidmet, wobei die praktischen Aspekte durch die Anwesenheit zahlreicher Ingenieure stark zur Geltung kamen. Im Einzelnen wurden hier Vorträge gehalten über die Schwingungsdämpfung von Rotoren (insbesondere bei aktiver Lageraufhängung, bei elektromagnetischer Dämpfung und durch Stabilisierung von Biegeschwingungen), von Frässpindeln, von Fahrzeugen und von Erdbeben-erregten Gebäuden (durch aktive und passive Steuerungsmaßnahmen). Weiterhin wurde über die Regelung elastischer Roboter, über dynamische Dämpfer bei Bauwerksschwingungen, über die Beeinflussung der Ausbreitung von Biegewellen, über den Vergleich verschiedener Algorithmen zur Berechnung optimaler Steuerungen zur Schwingungsdämpfung in Gebäudestrukturen und über die praktische Messung von Energieflüssen berichtet.

Die theoretischen Vorträge zum Thema aktive Schwingungsdämpfung befaßten sich mit der Schwingungsdämpfung durch Maximierung des lokalen Energieflusses (in einer gegebenen Richtung), mit Einmassenschwingern als Schwingungstilgern, mit geeigneten Formulierungen der Bewegungsgleichungen in Bezug auf die Steuerung mechanischer Systeme, mit der Lösung zeitoptimaler Steuerungsprobleme für abstrakte Wellengleichungen, mit der Steuerbarkeit visko-elastischer Systeme, mit der optimalen Positionierung von Aktuatoren und Sensoren, mit der Schätzung statistischer Kenngrößen zufällig erregter nicht-linearer Schwingungen und mit der Robustheit aktiver und passiver Dämpfung bei zufälligen Störungen.

Nicht direkt zum Thema der aktiven Schwingungsdämpfung, doch im weiteren Sinne dazugehörig war ein Vortrag über neuere Methoden zur Berechnung von Eigenwerten von Bilinearformen mit Anwendung auf Eigenwertprobleme bei Matrizen, gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen.

Etwas mehr am Rande der Thematik bewegten sich schließlich einige Vorträge über "Invariante Tori für gekoppelte Oszillatoren", "Identifikation nichtlinearer Systeme" und "Erzwungene Schwingungen bei Gleichungen vom Pendel-Typ".

Im Anschluß an die Vorträge und auch außerhalb der Vortragszeiten gab es reichlich Gelegenheit für Diskussionen, welche auch ausgiebig genutzt wurde und zu einem fruchtbaren Gedankenaustausch zwischen Mathematikern und Ingenieuren führte mit Gewinn für beide Seiten.

Kritisch anzumerken ist, daß die theoretischen Beiträge zu dieser Tagung etwas zu selektiv ausgefallen sind und wichtige Teile der Steuerungstheorie von Schwingungen nicht zur Sprache kamen. So war z.B. die äußerst wichtige nichtlineare-Steuerungstheorie, die für die Ingenieurwissenschaften von immer stärker werdendem Interesse ist und in der inzwischen beachtliche Fortschritte gemacht worden sind, nicht vertreten. Hier wird man bei einer nochmaligen Durchführung dieser Tagung durch Einladung geeigneter Fachvertreter Abhilfe schaffen müssen, um die Ausgewogenheit in der theoretischen Breite zu verbessern.

Insgesamt gesehen kann man diese Tagung aber als einen erfolgreichen Versuch ansehen, Mathematiker und Ingenieure zu einem Gedankenaustausch zusammenzubringen, welcher nicht zuletzt durch die gastfreundliche Atmosphäre am Forschungsinstitut Oberwolfach gefördert wurde.

Vortragsauszüge

D. ABRAHAM:

Aktive Hilfen zur Resonanzdurchfahrt extrem elastischer Rotoren

Zur Begrenzung der Amplituden bei der Resonanzdurchfahrt können sowohl passive als auch aktive Durchlaufhilfen eingesetzt werden. Passive Hilfen werden erst bei einer gewissen Rotorauslenkung wirksam. Außerdem ist das Anlegen des Rotors problematisch und kann sogar zu chaotischem Verhalten mit harten Stößen führen. Die Charakteristiken der aktiven Hilfen können relativ einfach verändert werden, da die Ansteuerung über analoge oder digitale Regelungen erfolgt. Es ist somit möglich, drehzahlabhängige Dämpfungs- und Rückstellkräfte aufzubringen. Bei zusätzlicher Dämpfung werden die Amplituden reduziert, mit aktiven Rückstellkräften können die Gesamtsteifigkeit verändert und die Eigenfrequenzen verschoben werden. Der Rotor kann über einen weiten Drehzahlbereich resonanzfern oder gar in einem Tilgerpunkt betrieben werden. Zur experimentellen Überprüfung verschiedener Durchlaufhilfen wurde ein Versuchsstand mit einer extrem elastischen Welle aufgebaut. Als Aktuatoren dienen elektromagnetische Schwingerreger, die an der Welle angreifen. Eine Beeinflussung des Rotors in den Lagerebenen kann durch digital geregelte aktive Magnetlager realisiert werden. Im Vortrag werden die Möglichkeiten der aktiven Beeinflussung erläutert und die bisherigen Ergebnisse sowie das Konzept für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet vorgestellt.

J. ALBRECHT:

Neue Methoden zur Einschließung von Eigenwerten

Dem Vortrag liegen volldefinite Eigenwertaufgaben zugrunde: Gesucht sind Eigenwerte $\lambda \in \mathbb{R}$ und Eigenelemente $\phi \in D(M)$, so daß $M(f, \phi) = \lambda N(f, \phi)$ für alle $f \in D(M)$ gilt; dabei sind $D(M)$, $D(N)$ lineare Räume [mit $D(M) \subset D(N)$] und M , N symmetrische, positiv definite Bilinearformen auf $D(M)$ bzw. $D(N)$. Es wurde über die von F. G o e r i s c h entwickelten Methoden zur Berechnung unterer Schranken für Eigenwerte und über die Anwendung dieser Verfahren auf zahlreiche, überwiegend durch partielle Differentialgleichungen beschriebene Schwingungsprobleme berichtet: Schwingungen von Kreisbögen, Membranen, Platten Flüssigkeiten (Schlingerfrequenzen), Wellen in Verbundwerkstoffen; beschränkter harmonischer Oszillator. Obere Schranken wurden nach dem Ritzschen Verfahren berechnet.

Literatur

J. Albrecht, F. Goerisch: Anwendungen des Verfahrens von Lehmann auf Schwingungsprobleme. ISNM 83 (1987) 1-9, Birkhäuser Verlag.

D. FLOCKERZI:

Invariant Tori for Coupled Oscillators

On many applications, e.g. in biochemical relations or in the Bénard- or Taylorproblem of hydrodynamics suitable reductions lead to a 2-parameter system of nonlinear coupled oscillators. It is shown that - under the exclusion of strong resonances - such a system allows invariant tori of dimension ≤ 3 . Thus chaotic behavior may be expected in some region of the parameter plane. The transition from a 2-dimensional to a 3-dimensional torus is not clear cut. An example illustrates the possibility of pinched tori in the transition phase.

M. FRIK:

Zur aktiven Schwingungsdämpfung bei Frässpindeln

Das Auftreten von Schwingungen kann die Qualität und Leistungsfähigkeit von Werkzeugmaschinen erheblich beeinflussen. Bei Frässpindeln ist die Schnittkraft die wesentlichste Ursache für selbsterregte und erzwungene Schwingungen. Selbsterregte Schwingungen können insbesondere durch den Regenerativeneffekt verursacht werden, der in den Bewegungsgleichungen durch Glieder mit Totzeit beschrieben wird.

Anhand eines Modells einer magnetgelagerten Frässpindel wird gezeigt, daß eine lineare Regelung so entworfen werden kann, daß regenerative Ratterschwingungen vermieden werden. Ferner wird gezeigt, daß eine Kompensation der Störgrößen über die Magnetlager möglich ist.

P. HAGEDÖRN:

Active Vibration Damping Using the Traveling Wave Concept

In the usual approach of designing the control of a flexible structure, the structure is discretized via finite elements or by means of some other technique. The mathematical tools available for the control of systems

described by ordinary differential equations can then be applied. In the present paper a new approach is discussed for simple structural elements such as bars, beams, etc. In this approach the structure is not discretized but the control is designed by maximizing the local energy flow in a given direction. Numerical examples were given.

R. KASPER:

CAD-Werkzeuge zur aktiven Schwingungsdämpfung von Fahrzeugen

Der erfolgreiche Einsatz aktiver Systeme zur Verbesserung von Fahrkomfort und Fahrsicherheit bei Fahrzeugen setzt eine sorgfältige Modellierung aller fahrdynamischen Effekte sowie die Optimierung speziell angepaßter Mehrgrößenregler-Strukturen voraus. Die im Forschungsprojekt "Schnelle Mechanik" entwickelten CAD-Werkzeuge unterstützen diese Forderungen, indem eine symbolische Modellbeschreibungsförm auf Komponentenebene verwendet wird, die zu beliebigen Gesamtsystemen verknüpfbar ist. Die Anpassung freier Parameter aus Regler- und Systemteilen erfolgt mit Hilfe einer numerischen Optimierungsstrategie, die es erlaubt, Vorgaben für mehrere Entwurfsziele gleichzeitig zu berücksichtigen und den Ablauf der Optimierung gezielt zu steuern. Ein Entwurfsbeispiel verdeutlicht die Leistungsfähigkeit der vorgestellten Verfahren.

K. KELKEL:

Ein aktiv gedämpfter Einmassenschwinger als Tilger

Gegenstand des Vortrages sind grundsätzliche Betrachtungen zur maximalen Leistung, die einem weg- oder selbsterregten System durch eine geregelt hin- und her bewegte Masse entzogen werden kann. Dabei seien sowohl der Relativweg der Masse wie auch die Stellkraft, mit der die Masse beschleunigt wird, beschränkt.

Für eine harmonische Erregung ergibt sich als optimale mögliche Lösung eine zwischen ihren Extrema hin und her springende Stellkraft. Voraussetzung ist, daß für die maximale Stellkraft eine von der Erregerfrequenz abhängige Größe garantiert werden kann. Andernfalls sind geregelte passive Elemente wie Feder und Dämpfer u. U. überlegen.

Für eine beliebige stetig differenzierbare Erregung versagen obige Konzepte. Es bietet sich eine Diskretisierung für die Methode der linearen Programmierung an. Für eine effektive Lösung ist jedoch weiterhin die Existenz einer (langsam veränderlichen) mittleren Erregerfrequenz Voraussetzung.

H.W. KNOBLOCH:

On Identification of Nonlinear Systems

An alternative to existing methods for identifying a parameter p in a differential equation

$$\dot{x} = a(x,p), \quad x = (x_1, \dots, x_n) \quad (1)$$

is discussed. Consider the siso-control system

$$\dot{x} = a(x,p) + bu, \quad y = h(x) \quad (2)$$

where b is known and y is accessible to measurement. The hypotheses concern the quantity $L_b h$ and a positive number β and are such that the following proposal makes sense. (i) Steer (2) using static output signum feedback $u_\tau(y) = \pm \tau$, switching occurs whenever $y = \pm \tau$. (ii) Measure the complete state x in a single moment after the control law (i) has been applied for a sufficiently long time. (iii) Compute p by solving the $n+1$ equations for the $n+1$ unknowns \bar{x}, p

$$x = \bar{x} - (L_a h)(\bar{x}, p) / (L_b h(\bar{x}))^2 \cdot b, \quad h(\bar{x}) = 0.$$

W. KORTOM:

On the Suitability of Different Formulations of the Equations of Motion for Mechanical Systems with Respect to Control System Analysis and Design

Formulation of the equations of motion for complex mechanical systems typically leads to first- or second-order implicit ordinary differential equations; some formulations (Lagrange's equations of the first kind) even result in mixed differential and algebraic equations. On the other hand, the treatment of control system analysis and design issues usually start from an explicit set of first-order differential equations (state-space methods). There is - in principle - no problem to transfer the dynamical equations to state-space form. However, this procedure has some drawbacks

- i) it does not take advantage of the structure of the equations;
- ii) the symmetry and sparsity properties of the system matrices are lost;
- iii) the (state-dependent) mass matrix has to be inverted;
- iv) the order of the equations is increased by the factor two.

Because of these disadvantages several authors have looked into the possibilities to start the control system analysis directly from the original format of the

mechanical equations. This presentation summarizes some of the results which have been obtained for linear system representations. The purpose is to initiate further investigations in this important area at the interface of mechanical and control engineering.

W. KRABS:

On the Numerical Computation of Time-Minimal Distributed Control of Vibration

We consider the problem of distributed control of vibrations described by an abstract wave equation where the controls are L^∞ -functions with respect to the time and are essentially bounded by some given constant. The aim is to steer a given initial state of vibration to the position of rest within the smallest possible time.

The solution of this problem is essentially reduced to the computation of minimum norm controls (with respect to the L^∞ -norm) for any given time interval. For the approximate calculation of minimum norm controls an algorithm is presented and numerically demonstrated by a vibrating string.

G. LEITMANN:

Seismic Protection of Structures Using Base Isolation and Active Control

We propose the use of robust control in conjunction with base isolation in order to assure arbitrarily small motion of a seismically excited structure. The proposed method requires control force application only at the base (first) floor. The efficacy of the scheme is illustrated by extensive simulations for a prototype six-story building.

G. LEUGERING:

On boundary control of visco-elastic systems

An isotropic visco-elastic vibrating membrane is considered to be controlled from a part of the boundary. First the perfect memory (purely elastic) case is discussed as regards the problem of exact controllability and uniform exponential stabilizability. In a second part of the lecture a possibly fading memory w.r.t. the deformation history is taken into account. Both properties above are shown to hold in this more general case, too. The method is general.

J. LOCKEL:

Die Regelung leichter, elastischer Robotgeräte

Industriell gefertigte Robotgeräte sind überwiegend in dem typischen Evolutionskreislauf der Technik - Konstruieren, Fertigen und Testen - entstanden. Dabei wurden mittlerweile mehrere Gerätegenerationen entwickelt, die in großer Vielfalt bei den unterschiedlichsten Aufgaben erfolgreich eingesetzt werden.

Obwohl die Leistung der Geräte, was vor allem die Flexibilität, die Geschwindigkeit und die Genauigkeit betrifft, ständig gesteigert wurde, sind jetzt technologische Grenzen erreicht, die wohl nur mit Hilfe neuer Regelkonzeptionen überzeugen werden können.

Bisher wurden die Antriebe der einzelnen Achsen getrennt voneinander geregelt, d.h. zusätzliche Informationen über die Strecke (vor allem über elastische Anteile in Getrieben und Übertragungsmechanismen) und ihrer Umgebung (z.B. die Führungssignale) werden nicht im Regler berücksichtigt.

Bei der Automatisierungstechnik, Pb, wurde deshalb ein dreiachsiger Versuchsträger entwickelt, an dem neuartige Regelungskonzepte (Mehrgrößenregler einschließlich einer nichtlinearen Kompensation von Reibungseinflüssen und Führungsgrößenaufschaltung und der Realisierung mit Hilfe digitaler Signalprozesse) erprobt werden konnten.

Dabei wird der Entwurf des linearen Mehrgrößenreglers (Parameteroptimierung mit insgesamt 36 Parametern) mit Hilfe des sogenannten "instrumentellen Verfahrens" durchgeführt. Das Vorhaben ist Teil des Paderborner Forschungsprojekts "Schnelle Mechanik".

J. MAWHIN:

Forced oscillations of pendulum-type equations

We shall survey some recent results on the existence, the non-existence and the multiplicity of the periodic solutions of the forced pendulum equation

$$mu'' + cu' + a \sin u = e(t)$$

and of systems of pendulum-like equations

$$(d/dt)(M(t,u)u', u') + Au + D_u F(t,u) = e(t)$$

which occur in the dynamics of satellites, in multipoint Josephson junctions and in space-discretization of the sine-Gordon equation. The results will be mostly based upon variational methods.

V.J. MODI:

On some Problems of Dynamics and Control of Earth and Spaces Based Systems

The presentation touches upon two distinct classes of instability problems and their equally different control mechanisms.

The first one is concerned with wind induced instabilities, such as vortex resonance and galloping type of selfexcited oscillations, associated with areodynamically bluff bodies represented by tall buildings, bridges, smokestacks, transmission line conductors, etc. Suppression of the vibrations is explored using the concept of nutation damper, a torroidal container partially filled with liquid. A parametric study of the damper has been conducted and its effectiveness assessed through wind tunnel tests with two and three dimensional models of buildings in laminar and turbulent flows. A 16 mm movie complements the presentation.

The second problem is concerned with the dynamics and stability of the proposed Space Station based Feathered Subsatellite System (TSS). A mathematical model of the system is presented and its control studied using the linear regulator approach during stationskeeping and retrieval phases. Three control strategies are explored:

- (\dot{s}) tether tension control;
- (\ddot{s}) thruster control;
- (\ddot{s}) tether attachment point offset control;

and their relative merit established.

P.C. MOLLER:

Optimal Damper/Actuator Location in Vibration Control

Zuerst wird eine Übersicht gegeben über verschiedene Maße der Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit linearer zeitinvarianter Mehrgrößenregelungssysteme. Hierbei wird von den kinematischen Strukturen des unregelmässigen Systems ausgegangen. Maximiert man ein solches Steuer- bzw. Beobachtbarkeitsmaß bezüglich der Para-

meter der Eingangs- bzw. Ausgangsmatrix, so erhält man optimale Orte für die Stell- und Meßglieder. Diese regelungstheoretische Betrachtung wird angewandt auf Schwingungssysteme sowohl für die optimale Lokalisierung der Aktuatoren und Sensoren als auch für die optimale Positionierung von Dämpfern. Für die Dämpferpositionierung werden verschiedene Beurteilungsmaße erprobt und diskutiert. Der Einfluß der Dämpfungskonstanten wird an Beispielen aufgezeigt: je nach Eigenfrequenzen und Eingriffsrichtung der Dämpfung erhält man verschiedenartige Verläufe der Wurzelortkurven, die den Bedarf weiterer Untersuchungen aufzeigen.

F. PFEIFFER:

Regelung elastischer Roboter

Bei der Regelung starrer Roboter hat sich heute vielfach das Verfahren der nichtlinearen Entkopplung durchgesetzt. Hierbei schaltet man dem Roboter die Gelenkmomente auf, die dafür sorgen, daß eine vorgegebene Sollbahn realisiert wird. Die Sollmomente kann man dabei aus gemessenen oder berechneten kinematischen Sollwerten ermitteln. Dem Ganzen werden dann zusätzlich lineare Gelenkregler überlagert, um Störungen zu beseitigen.

Zu den Störungen und Ungenauigkeiten eines starren Roboters kommen beim elastischen Roboter die Deformationen der Arme und die Deformationen infolge der Gelenkelastizitäten hinzu. Diese werden in zwei Stufen ausgeregelt: In einer ersten Stufe berechnet man entlang einer Sollbahn die durch die Elastizität verursachten Abweichungen der Roboterspitze von der Bahn und setzt diese Abweichungen in Gelenkwinkel, Gelenkwinkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen um. Hieraus lassen sich dann Korrekturmomente berechnen, die in einer Zusatzschleife zur nichtlinearen Entkopplung eine Korrektur der "starrten" Sollmomente ergeben. Diese Korrektur bringt die Roboterspitze auf die ursprüngliche Bahn zurück, beseitigt aber nicht so gut die Schwingungen um die Bahn. Daher werden in einem zweiten Schritt die Krümmungen der Arme über DMS-Meßstreifen erfaßt und in der Gelenkregelung zusätzlich zurückgeführt. Als Endergebnis erhält man eine hervorragende Tilgung der elastischen Effekte.

Theorie und Messung werden verglichen und erläutert.

H. RUSCHEWEYH:

Ein frequenz geregelter dynamischer Schwingungsdämpfer zur Dämpfung von Bauwerksschwingungen

Dynamische Schwingungsdämpfer sind ein hervorragendes Mittel, um die effektive Dämpfung von Baustrukturen zu erhöhen. Ihre genaue Frequenzabstimmung ist dabei für die Wirksamkeit von ausschlaggebender Bedeutung. In manchen Anwendungsfällen ändert sich jedoch die zu dämpfende Eigenfrequenz des Hauptsystems mit dem Betriebslastfall (z.B. variable Nutzlast), so daß die optimale Dämpferwirkung nicht immer erreicht wird.

Es wird daher an einem Dämpfersystem gearbeitet, bei dem durch aktive Anpassung der Dämpferfrequenz stets die optimale Abstimmung gewährleistet werden soll. Diese Methode bietet darüberhinaus den Vorteil, den Tilgereffekt eines Zweimassenschwingers (Eigendämpfung Null) zu nutzen, wodurch das Hauptsystem nahezu in Ruhe gehalten werden kann.

Es wird die theoretische Grundlage des geregelten Systems dargelegt und das geplante Regelsystem zur Diskussion gestellt.

J. SCHEUREN:

Aktive Beeinflussung der Ausbreitung von BiegeWellen

Nach einem kurzen Überblick über die theoretischen Grundlagen, die der aktiven Beeinflussung der BiegeWellenausbreitung in Platten und Stäben zugrundeliegen, werden praktische Ergebnisse von Experimenten mit rückkopplungsfreien Steuerungen vorgestellt. Diese Experimente gehen von gerichteten Breitbandmessungen eines einfallenden Wellenfeldes aus und benutzen einen elektrodynamischen Schwingerreger, um die mit diesem Feld verbundene mechanische Leistung zu absorbieren oder umzuverteilen. Alle benötigten Obertragungsfunktionen wurden auf einem digitalen Signalprozessor realisiert. Ihre Definition durch Modellannahmen und Messungen sowie ihre Approximation, die die Güte des Experiments in einem vorgegebenen Frequenzbereich bestimmt, werden dargestellt und mit praktischen Meßergebnissen verglichen.

J. SCHMIDT:

Vibration Control of One-Dimensional Distributed Parameter Systems Governed by Hyperbolic Systems

For the purpose of vibration control slender structural elements can often be modelled by one-dimensional distributed parameter systems. The talk was devoted to the design of control units for the TIMOSHENKO beam model. The controller applies a concentrated force and a concentrated moment to the beam such as to maximize the energy flow towards the controller on one side of the controller for all times. This design turns out to be totally local and not to depend on boundary conditions imposed on the beam. The method is based on wave propagation concepts, therefore the system being modelled by hyperbolic differential equations. The control law is directly given in the time domain and does not require any transformations into the frequency domain.

G.I. SCHUELLER:

Probability Densities of the Response of Non-Linear Structures Under Stochastic Dynamic Excitation

An approximate method for determining estimates of response statistics for non-linear oscillators driven by wide-band random excitation is presented. The development is based on the theory of Markov processes. The proposed method is based on non-Gaussian closure procedures where a number of moment differential equations are used to evaluate parameters of non-Gaussian response distributions. The developments are described and illustrated by means of numerical examples. Special attention is given to the choice of types of non-Gaussian distributions. It is shown that some serious shortcomings of series approximations, particularly with respect to negative probability densities can be avoided by using generalized exponential distributions.

G. SCHWEITZER:

Elektromagnetische Dämpfung von Rotorschwingungen - Lösungen und offene Fragen

Elektromagnetische Lager eignen sich zum berührungsfreien Lagern eines Rotors, und gleichzeitig können sie auch seine Biegeschwingungen dämpfen. In beiden Fällen wird das dynamische Verhalten des Rotors aktiv über eine Mehrgrößenregelung beeinflusst.

Am Institut für Mechanik der ETH Zürich wurden verschiedene Konzepte zur Realisierung solcher Magnetlager untersucht. Eines der Ziele war es, die Regelung so robust auszulegen, daß Fehler in der Modellierung der Ordnung des elastischen Rotors nicht stabilitätsgefährdend sind. Mit einer solchen Regelung gelang es, drei biegekritische Drehzahlen zu durchfahren. Berichtet wird über den Stand der Forschungsarbeiten und die gegenwärtigen Anwendungen sowie über die dabei auftretenden Probleme in Theorie und Experiment.

R.E. SKELTON:

Selection of Sensors, Actuators for Flexible Structures

In the control of flexible structures a method is presented for the selection of sensors and actuators whose noise sources are correlated. A generalization of earlier results of Closed-Loop Input/Output Cost Analysis (CIOCA) is provided which utilizes decompositions of the closed-loop quadratic cost function into contributions from each stochastic noise input and each weighted output. It is shown that elimination of a correlated noise input may possibly degrade performance. Application to NASA's SCOPE configuration demonstrates the generalized method for sensor and actuator selection.

T.T. SOONG:

Experimental Evaluation of Optimal Algorithms for Structural Control

In a continuing effort to determine the feasibility of applying optimal control to building structures, a comprehensive experimental study was carried out using a standardized model under base excitation supplied by the Earthquake Simulator at SUNY/Buffalo. Based upon computer simulated and experimental results, this lecture presents a comparison of efficiencies of several optimal control algorithms, including classical linear feedback (closed-loop), open-loop and open-closed-loop methodologies. Traditional algorithms were modified using instantaneous optimal criteria and time delay compensation. Conclusions are drawn regarding relative merits of control algorithms considered under varying conditions.

S. SPARSCHUH:

Experimental Modal Analysis vs. Power Flow Measurement

Experimental modal analysis is the tool by which eigenfrequencies and mode shapes of an elastic structure can be derived from measurement. These modal quantities describe the possible free vibrations. On the other hand there can be no mechanical vibration in a damped system unless there is some excitation. Power flow measurement serves the purpose of measuring directly the energy flow in elastic systems thus allowing for experimental determination of the energy sources and sinks. Both techniques, experimental modal analysis and power flow measurement are therefore complementary in a certain sense. While there is a well established collection of mathematical algorithms related to experimental modal analysis, theory is far less advanced for power flow measurement. In the presentation intensity measurement in acoustics is reexamined in the case of the wave equation, giving an improved formula for the evaluation of power flow. Also for power flow in the Timoshenko beam, related to bending waves propagation the corresponding expression is derived.

H. ULBRICH:

Aktive Lageraufhängungen von Rotoren

Das Betreiben von Rotoren im Turbomaschinenbau, bei Anwendungen in der Raumfahrt, sowie in der Vakuumtechnologie führt zu einer Reihe von Problemen, die es gilt, durch geeignete Maßnahmen unter Kontrolle zu halten. Der Erfolg derartiger Maßnahmen hängt hauptsächlich von der Modellierung des mechanischen Systems, problemangepaßten Regelkonzepten, Wahl der Stell- und Meßorte, geeigneten Stellgliedern, sowie der Zuverlässigkeit der im Verbund wirkenden Systemkomponenten, sowohl bezüglich der Hardware als auch der Software, ab.

Die Regelkräfte können dabei direkt mit Hilfe eines Magnetlagers oder indirekt über die Lagergehäuse durch elektromagnetische oder hydraulische Stellglieder auf den Rotor aufgebracht werden. Bei eingeschränkten Platzverhältnissen bietet sich der letzte Fall als Alternative an.

Basierend auf verschiedenen Optimierungsverfahren wurden einige Regler ausgelegt und durch Rechnersimulationen getestet. Die Brauchbarkeit wird durch einen Vergleich zwischen Theorie und Messung belegt.

W. WEDIG:

Robustness of Passive or Active Systems in the Presence of Noise

In practical environments, ergodic perturbations are generated by wind turbulences or rough surfaces in such a way that the system parameters are superimposed with corresponding time fluctuations. They possess a dramatic influence with increasing intensities. The deterministic solution e.g. the equilibrium state bifurcates into turbulent motions.

For a stochastic modelling of parameter perturbations, the stability analysis is based on Lyapunov exponents and rotation numbers which substitute the eigenvalues of time-invariant linear systems. They are calculated by introducing Lyapunov coordinates and applying multiplicative ergodic and expectation theorems.

The contribution gives some typical examples of structural, aero or fluid dynamic problems leading to second order systems with random perturbations. The calculated stochastic eigenvalues determine the stability reserve of the system for increasing noise intensities.

U. WELTIN:

Stabilisierung von Rotoren

Im Rahmen des Vortrages werden Rotoren behandelt, deren Biegeschwingungen sich durch lineare Differentialgleichungen hinreichend genau beschreiben lassen. Es ist bekannt, daß verschiedene Rotorparameter wie Unsymmetrien, innere Dämpfung und Unwuchten Instabilitäten und Resonanzen hervorrufen können. Durch aktiven Stelleingriff in das Bewegungsverhalten lassen sich erwünschte Betriebszustände erzwingen, obwohl für die Systemparameter nur Schranken angegeben werden können, in denen auch zeitliche Veränderungen zulässig sind.

Für ein spezielles Rotorsystem wird eine nichtlinear von den Zustandsgrößen abhängende Zustandsrückführung nach Leitmann empfohlen und auch hinsichtlich der zu erwartenden Spillover-Effekte diskutiert.

Berichterstatter: W. Krabs

Tagungsteilnehmer

D. Abraham
Fachbereich Maschinenbau
Hochschule der Bundeswehr
Holstenhofweg 85

2000 Hamburg 70

Prof.Dr. L. Gaul
Institut für Mechanik
Universität der Bundeswehr
Holstenhofweg 85

2000 Hamburg 70

Prof.Dr. J. Albrecht
Institut für Mathematik
der TU Clausthal
Erzstr. 1

3392 Clausthal-Zellerfeld 1

Dr. Habip
SIEMENS AG/U ED 24
Berliner Str. 295-303

6050 Offenbach 3

Prof.Dr. E. Brommundt
Institut für Mechanik
Technische Universität
Pockelstraße 4

3300 Braunschweig

Prof.Dr. P. Hagedorn
Institut für Mechanik
Technische Hochschule Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 Darmstadt

Dr. D. Flockerzi
Mathematisches Institut
der Universität Würzburg
Am Hubland 12

8700 Würzburg

E. Hornung
ERNO Raumfahrttechnik GmbH
Hünefeldstraße 1 - 5

2800 Bremen

Prof.Dr. M. Frik
Technische Mechanik
Gesamthochschule Duisburg
Lotharstr. 1 - 21

4100 Duisburg

Dr. R. Kasper
Abt. ZW I
Robert Bosch GmbH
Postfach 50

7000 Stuttgart 30

Dr. K. Kelkel
Abteilung TF-W
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG
Postfach 2520

7990 Friedrichshafen

Dr. G. Leugering
Fachbereich Mathematik
der TH Darmstadt
Schloßgartenstr. 7

6100 Darmstadt

Prof.Dr. H.W. Knobloch
Mathematisches Institut
der Universität Würzburg
Am Hubland 12

8700 Würzburg

Prof.Dr. J. Lückel
FB 10 Maschinentechnik
Gesamthochschule Paderborn
Pohlweg 55

4790 Paderborn

Dr. W. Kortüm
DFVLR - Instiut für Dynamik der
Flugsysteme

8031 Oberpfaffenhofen

Prof.Dr. J. Mawhin
Institut de Mathematiques
Universite Catholique de Louvain
Chemin du Cyclotron 2

B-1348 Louvain-la-Neuve

Prof.Dr. W. Krabs
Fachbereich Mathematik
der TH Darmstadt
Schloßgartenstr. 7

6100 Darmstadt

Prof.Dr. V. J. Modi
Department of Mechanical Engineering
University of B. C.

Vancouver , B. C. V6T 1W5
CANADA

Prof.Dr. G. Leitmann
College of Engineering
University of California

Berkeley , CA 94720
USA

Prof.Dr. P. C. Müller
Sicherheitstechnische Regelungs-
und Meßtechnik
Bergische Universität/GH Wuppertal
Gaußstr. 20

5600 Wuppertal 1

Dr. S. Otterbein
Abt. K1/EWF
Robert-Bosch GmbH
Wernerstraße 51

7000 Stuttgart 30

J. Schmidt
Institut für Mechanik
Technische Hochschule Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 Darmstadt

Prof.Dr. F. Pfeiffer
Institut B für Mechanik
Technische Universität
Arcisstr. 21

8000 München 2

Prof.Dr. W. Schramm
Abt. K1/EWF
Robert-Bosch GmbH
Wernerstraße 51

7000 Stuttgart 30

Dr. W. D. Pietruszka
Fachbereich 7 - Maschinenbau
Fachgebiet Mechanik
Universität GH - Duisburg
Postfach 10 16 29

4100 Duisburg 1

Prof.Dr. G. Schweitzer
Institut für Mechanik
ETH-Zürich

CH-8092 Zürich

Dr. H. Ruscheweyh
Lehrstuhl für Stahlbau
Technische Hochschule Aachen
Mies-van-der-Rohe-Str. 1

5100 Aachen

Prof.Dr. R. E. Skelton
School of Aeronautics and
Astronautics
Purdue University
Grissom Hall

West Lafayette , IN 47907
USA

Dr. J. Scheuren
1725
Müller BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11

8033 Planegg

Prof.Dr. T. T. Soong
Department of Civil Engineering
State University of New York at
Buffalo

Buffalo , NY 14260
USA

S. Sparschuh
Institut für Mechanik
Technische Hochschule Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 Darmstadt

Dr. J. Wallaschek
Institut für Mechanik
Technische Hochschule Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 Darmstadt

Prof.Dr. W. Törnig
Fachbereich Mathematik
der TH Darmstadt
Schloßgartenstr. 7

6100 Darmstadt

Prof.Dr. W. Wedig
Institut für Technische Mechanik
Fakultät für Maschinenbau
Universität Karlsruhe
Kaiserstraße 12

7500 Karlsruhe

Prof.Dr. I. Troch
Inst. f. Analysis, Technische
Mathematik u. Versicherungsmathem.
Technische Universität Wien
Wiedner Hauptstr. 8 - 10/114

A-1040 Wien

Prof.Dr. J. Wittenburg
Institut für Technische Mechanik
Fakultät für Maschinenbau
Universität Karlsruhe
Kaiserstraße 12

7500 Karlsruhe

Dr. H. Ulbrich
Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 München 2

1
2
3
4

