Mechatronik

M. Kaltenbacher

Online publiziert am 11. November 2015
© Springer Verlag Wien 2015

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Manfred Kaltenbacher

numerischen und experimentellen Methoden im Vordergrund. Aufbauend auf diesen Grundlagen können viele spezielle industrielle Aufgabenstellungen dennoch erst durch eine Synthese mit Elementen der Elektrotechnik und Informatik gelöst werden. Zur Optimierung von Prozessen leistet die Mess- und Regelungstechnik einen wesentlichen Beitrag, und zu deren Anwendung sind hochentwickelte Sensoren und Aktoren unerlässlich. Bei allen innovativen technischen Konzepten ist jedoch die zentrale Rolle des Menschen nicht zu vergessen: Unter diesem Gesichtspunkt sind auch Untersuchungen zur Mensch-Maschine-Interaktion und von Fragestellungen der Biomechanik wesentlich. Diesen Herausforderungen trägt das Institut für Mechanik und Mechatronik an der Technischen Universität Wien in vier eng untereinander vernetzten Arbeitsgruppen Rechnung: Technische Dynamik und Fahrzeugdynamik, Mechanik fester Körper, Messtechnik und Aktorik, Regelungstechnik und Prozessautomatisierung.

Insgesamt umfasst dieses e&i-Schwerpunktheft sieben Beiträge, welche exemplarisch für die Forschungsthemen des Institutes für Mechanik und Mechatronik der Technischen Universität Wien stehen.

Der erste Beitrag *Modellierung, Simulation und Schwingungsreduktion dünner Schalen mit piezoelektrischen Wandlern* befasst sich mit der Modellierung und der numerischen Simulation von smarten Strukturen im Zusammenhang mit Schwingungsreduktion. Dabei wird die elektromechanische Theorie für dünne Schalen mit piezoelektrischen Wandlern im Rahmen einer geometrisch nichtlinearen Formulierung vorgestellt und deren effiziente Lösung mit der Finiten-Elemente-Methode besprochen. Anschließend wird gezeigt, wie piezoelektrische Aktoren mit Hilfe der passiven Shunt-Methode zu einer effizienten Schwingungsreduktion von dünnen Strukturelementen wie Schalen führen.

Der zweite Beitrag mit dem Titel *Finite-Elemente-Verfahren für mechatronische Systeme* zeigt den Stand der numerischen Simulation im Bereich gekoppelter Feldprobleme, wie sie typischerweise bei mechatronischen Systemen vorkommen. Dabei wird gezeigt, wie mit neuesten Verfahren der Mathematik (nichtkonforme Diskretisierung, monolithische sowie iterative Koppelstrategien, Finite Elemente höherer Ordnung) gekoppelte, partielle Differentialgleichungen

Moderne Geräte, Fahrzeuge und Anlagen erfordern in immer weiter zunehmendem Maß ein synergetisches Zusammenwirken von mechanischen und elektronischen Komponenten, was zum Begriff der Mechatronik geführt hat. Dabei steht im Bereich der Mechanik die Analyse, das heißt die Modellierung von Strukturen, Mechanismen und dynamischen Vorgängen, sowie deren Untersuchung mit modernsten analytischen,

effizient gelöst werden können. Anhand von zwei praktischen Beispielen (Elektrothermik in Leistungshalbleitern und Lärmberechnung eines Lüfters) werden speziell die Vorteile von nichtkonformer Diskretisierung und Elementen höherer Ordnung unterstrichen und deren Anwendbarkeit für industrierelevante Fragestellungen demonstriert.

Im dritten Beitrag *Parametererregte mikroelektromechanische Systeme (MEMS)* wird demonstriert, wie parametererregte Systeme genutzt werden können, um die Eigenschaften von konventionellen mikromechanischen Bauteilen wesentlich zu verbessern. Dabei wird zunächst gezeigt, wie die Bewegungsgleichungen von parametererregten, mikroelektromechanischen Einheitsgradsystemen generalisiert werden können. An den beiden Beispielen – MEMS Energy Harvester und MEMS Filter – wird eindrucksvoll demonstriert, wie die Idee der Parametererregung genutzt werden kann, um die Schwingamplitude und damit den Wirkungsgrad (Energie Harvester) zu erhöhen sowie im Fall des Filters durch die Parameterresonanz die Bandbreite reduziert und damit die Güte wesentlich gesteigert werden kann.

Der vierte Beitrag *Drift-Effekte in der nabenkrafteerregten Kraftfahrzeugsimulation* beschäftigt sich mit Drift-Effekten, die sich in einem nabenkrafteerregten Fahrzeugmodell ohne Reifen aufgrund von Mess-, Modellierungs-, Parametrierungs- und Numerik-Fehlern ergeben. Anhand eines Halbfahrzeugmodells werden zwei Möglichkeiten zu ihrer Unterdrückung diskutiert: Einerseits wird eine Fesselung über Feder/Dämpfer-Elemente und andererseits eine PID-Regelung mit Aufbringung der Stellgrößen im Aufbauswerpunkt betrachtet. Dabei wird im Speziellen die Sensitivität der Ergebnisse bezüglich Variationen der Fahrzeugparameter im nabenkrafteerregten Modell untersucht.

Im fünften Beitrag *Datengetriebene Batteriemodelle zur Emulation des Impedanzverhaltens von Traktionsbatterien* wird der Einsatz von datengetriebenen Modellen und einer darauf aufbauenden modellprädiktiven Regelungsstrategie für die Emulation von Traktionsbatterien vorgestellt. Dieses Konzept ermöglicht effiziente und reproduzierbare Prüfstandsäufe von Antriebssträngen für Elektro- und Hybridfahrzeuge, indem das Verhalten der realen Batterie durch einen Batterieemulator nachgebildet wird. Dabei wird eindrucksvoll gezeigt, wie der datenbasierte Ansatz zur nichtlinearen Batteriemodellierung mit verschiedenen Zellchemien eingesetzt werden kann. Das modellprädiktive Regelungskonzept berücksichtigt dabei explizit die Dynamik des Batterieemulators, des Prüflings und der zu emulierende Batterieimpedanz.

Der sechste Beitrag *Verteilte kooperative modellprädiktive Temperaturregelung für komplexe Gebäude* befasst sich mit der Temperaturregelung von komplexen Gebäuden. Um die spezielle Zonenregelung von komplexen Gebäuden und die Abhängigkeit von Kopplungszonen, welche sich über ein gesamtes Stockwerk erstrecken können, zu beherrschen, wird ein relaxierter kooperativer

Kaltenbacher, Manfred, Technische Universität Wien, Institut für Mechanik und Mechatronik, Getreidemarkt 9, 1060 Wien, Österreich
(E-Mail: manfred.kaltenbacher@tuwien.ac.at)

fuzzy-modellprädiktiver Regler (FMPC) eingesetzt. Die Relaxierung zeichnet sich dadurch aus, dass die Kopplungszone getrennt von den Zonen-FMPCs geregelt wird und als Störgröße in die Kooperation der FMPCs mit eingeht. Abschließend wird ein Simulationsbeispiel für ein spezielles Demonstrationsgebäude besprochen, welches die Vorteile dieses Konzepts hervorhebt.

Der letzte Beitrag *Innovative Schwungradspeicher mit hoher Energieeffizienz und Zuverlässigkeit* beschäftigt sich mit der Schwungradspeichertechnologie zur Speicherung elektrischer Energie (Flywheel Energy Storage Systems, FESS), welche eine wirtschaftlich interessante Alternative zu Akkumulatoren und Superkondensatoren bei Anwendungen mit mehreren Lade-/Entladezyklen pro Tag darstellen. Dabei wird ein neues Gesamtkonzept für höchste Zuverlässigkeit vorgestellt, das selbst bei Auftreten eines beliebigen Fehlers im mechatronischen System die Lagerung des Rotors gewährleistet. Insgesamt wurde ein FESS entwickelt, welches neben der erhöhten Sicherheit eine wesentlich längere Speicherdauer und Kostenreduktion als derzeit am Markt vergleichbare Systeme ermöglicht.

Als Gastherausgeber dieser e&i-Ausgabe möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei den Autoren für die Beiträge zu dem Themenschwerpunkt *Mechatronik*, bei den Gutachtern für deren exzellenten Einsatz, zeitgerechte und konstruktive Gutachten zu erstellen, sowie bei Fr. Mag. Jutta Ritsch für die professionelle Zusammenarbeit bei der Abwicklung bedanken.