



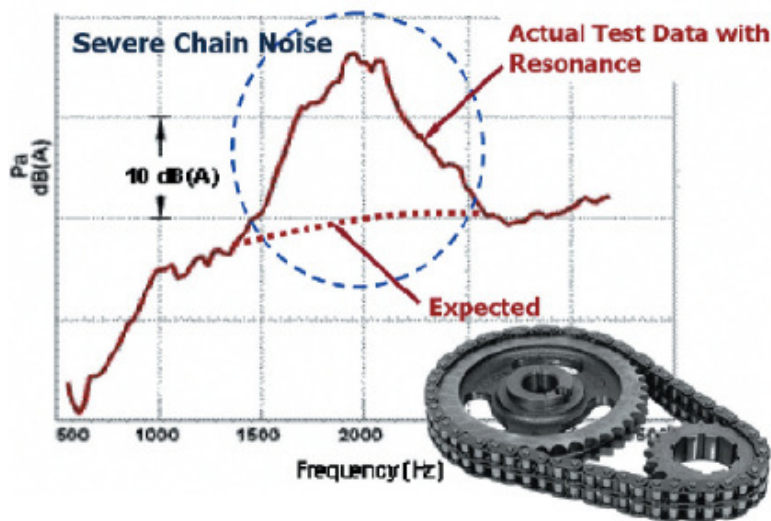
Maple unterstützt die Ford Motor Company mit analytischen Vorhersagen von Resonanzen in Kettentriebsystemen

Symbolische und numerische Methoden zur Lösung mathematischer Probleme werden eingesetzt, um Schwingungsverhalten zu verstehen und Mittel zu deren Vorhersage finden zu können.

Problem

Wie auch bei anderen Automobilherstellern ist die Ford Motor Company von ständig wiederkehrenden Problemen mit nicht behebbaren Schwingungen und Geräuschen in Kettentrieben betroffen. Seit Jahrzehnten kommen Kettentriebe in Kraftübertragungssystemen von Automobilen in großem Umfang zum Einsatz. Ihre Wirksamkeit ist zwar unumstritten, jedoch sind bei ihrem Einsatz entstehende unerwünschte Geräusche und Schwingungen seit jeher problematisch. Ein besonders unangenehmer Fall war ein starkes Kettengeräusch bei 1800 – 1900 Hz in einem neuen Getriebeprototyp von Ford. Die Schalldruckwerte lagen aus unbekanntem Gründen um 10 -15 dB über den Nennwerten.

Chain Noise Test Data Analysis



Bei Ford versuchten Jack S.P. Liu, Das Ramnath und Rajesh Adhikari die Ursachen dieser Geräusche zu verstehen und einfache analytische Modelle zur schnellen Berechnung von Resonanzen in Kettentriebsystemen zu entwickeln.

Verfahren

Die beim Zahneingriff in die Kette entstehenden Geräusche wurden in früheren Untersuchungen als hauptsächliche Geräuschquelle identifiziert und es wurde eine Verbindung dieser Geräusche mit den dynamischen Pa-

rametern der Kettentriebsysteme, wie Drehzahl, Kettenspannung, Kettenmasse, Kettenliedlänge, Trägheit des Kettenrads und Eigenfrequenzen des Kettentriebs vermutet. Das Ford-Team stellte sich den Herausforderungen, die mit der Suche nach analytischen Vorhersagen von Resonanzen in Kettentrieben verbunden sind, da man davon ausgehen kann, dass die beim Zahneingriff in die Kette entstehende Geräusche durch die vorhandenen Resonanzen verstärkt werden.

Das Team begann mit einer Untersuchung der Prüfdaten der Kettengeräusche und verglich die Ergebnisse mit dem theoretischen mathematischen Modell. Es stellte sich hierbei heraus, dass drei Arten von Kettenresonanzen auftreten können: Querschwingungen im Kettenstrang, Längsschwingungen durch den Zahneingriff und Längsschwingungen aufgrund der Kettenspannung.

Um die komplizierten Berechnungen und Untersuchungen bewältigen zu können, die mit der Entwicklung derartig erweiterter Modelle verbunden sind,

benutzte Ford die Mathematik-Software Maple™. Mittels ihrer umfangreichen numerischen und symbolischen mathematischen Lösungsverfahren wurde das physikalische System modelliert, um Einblicke in sein Schwingungsverhalten gewinnen zu können. Die im Modell enthaltenen partiellen Differentialgleichungen wurden mit den in Maple implementierten weltweit führenden mathematischen Lösungsverfahren auf schnelle und einfache Weise gelöst. Bei der Beschreibung der Ergebnisse, zum Beispiel der Eigenfrequenzen

auf tretenden Schwingungsformen beschreiben, waren die umfassenden Maple-Plotfunktionen unerlässlich. Zudem konnte Ford dank der einzigartigen Dokumentationsfähigkeit von Maple die Ergebnisse in Arbeitsblätter und Berichte integrieren und diese auf einfache Weise innerhalb der Firmenorganisation weiterleiten.

Mit Maple konnte Ford die Vorhersagen mathematischer Modelle mit denen des Modells ABAQUS CAE und den experimentellen Ergebnissen vergleichen. Zudem schuf Ford ein Tool, das Vorhersagen zur Dynamik von Kettentrieben ermöglicht, wozu es das Maple-Feature "Embedded Components*" verwen-

Maple unterstützt die Ford Motor Company mit analytischen Vorhersagen von Resonanzen in Kettentriebsystemen

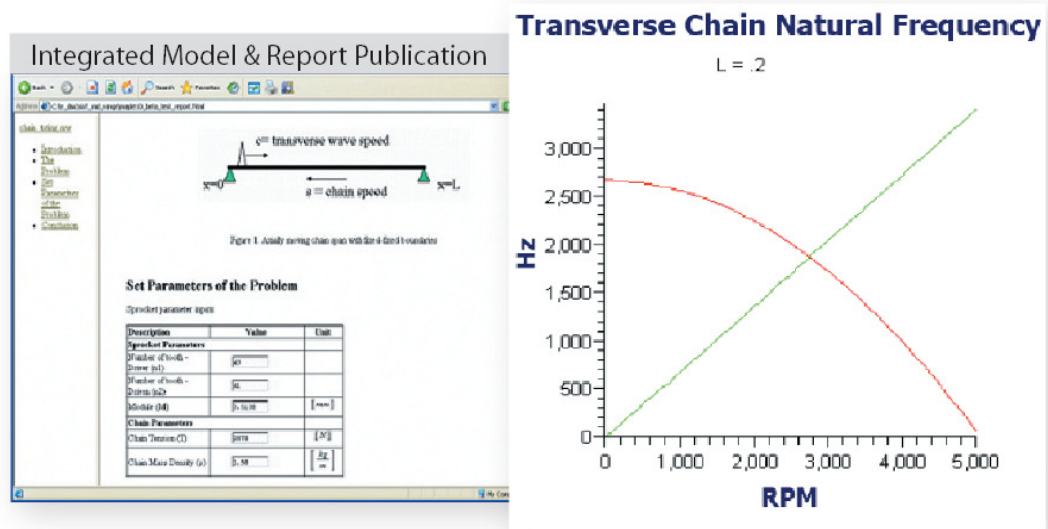


Bild 2. Entwicklung eines Kettentrieb-Tools mit Maple

dete, das unter anderem den Einsatz variabler Schieberegler zur Änderung von Design-Variablen erlaubt. Mittels dieses Tools werden künftig auch andere technische Design-Teams auf schnelle und einfache Weise Resonanzen in Kettentrieben vorhersagen können.

“Die Leistungsstärke von Maple hat uns begeistert. Seine analytischen Fähigkeiten und Modellierungsmöglichkeiten ermöglichten uns die erwünschte Genauigkeit”, meinte hierzu Jack S.P. Liu, ein Fachmann für computergestützte Entwicklung (CAE) bei der Ford Motor Company und fügte hinzu: “Ich habe besonders die “Embedded Components” und deren Rolle beim GUI-Design (Grafik) zu schätzen gelernt. Die symbolischen mathematischen Fähigkeiten von Maple sind denen anderer CAE-Tools auf den von uns bearbeiteten Gebieten überlegen.”

Ergebnisse

Das Ford-Team konnte die Quelle des Geräuschs von 1800 Hz genau lokalisieren und die Ursachen des Peaks erklären. Durch Kombination der Eigenschwingungen in Quer- und Längsrichtung sagten sowohl die analytischen, als auch die CAE-Modelle eine Kettenlängsschwingungsresonanz bei 1800-1900 Hz voraus, wie sie in den Ketten-Testdaten beobachtet wurde. Das Team schloss hieraus, dass für den Auslegungsingenieur ein gründliches Verständnis von Kettenresonanzen für den Entwurf eines gleichmäßig und rundlaufenden Kettentriebs von ausschlaggebender Bedeutung ist. Ford plant zurzeit die Ent-

wicklung analytischer Modelle für Vorhersagen zur Mechanik von Kettentrieben mit Maple.

**Embedded Components ermöglichen die Konstruktion einfach verwendbarer Kundenschnittstellen für die Interaktion mit dem Maple-Rechenkern. Diese können verschiedene Elemente, wie Schaltflächen, Schieberegler, Plots, Buttons und Fenster für die Eingabe oder das Anzeigen mathematischer Ausdrücke enthalten.*

Für mehr Informationen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:

Scientific Computers GmbH
 Friedlandstrasse 18
 51064 Aachen / Germany
 ☎ +49 241 40008-0
 📠 +49 241 40008-13
 www.scientific.de
 info@scientific.de