



Komplexe Mehrkörpersysteme mit Ansys Motion berechnen und optimieren

Gesamtsysteme sicher beherrschen

Der Leichtbau ist in den vergangenen Jahren zu einem absoluten Trendthema gereift. Bauteile werden mit Methoden wie „design optimization“ auf vorhandene Lastsituationen angepasst. Ein weiterer Ansatz ist es, nicht nur die Geometrie, sondern auch die Kräfte anzupassen.

Speziell im Bereich des Antriebsstrangs lassen sich durch eine geschickte Dämpfung die Spitzenbelastungen von Bauteilen reduzieren. Aufgrund der geringeren Kräfte werden kleinere und leichtere Konstruktionen möglich. Ansys Workbench stellt hier neuerdings das Tool Ansys Motion zur Verfügung, um komplexe Mehrkörpersysteme zu berechnen und zu optimieren.

Der Antriebsstrang als schwingungsfähiges System besteht aus einzelnen Komponenten mit unterschiedlichen Massen, Steifigkeiten und Dämpfungen. Antriebsstränge, beispielsweise von Kolbenmaschinen, werden durch zeitlich veränderliche Drehmomente zu Drehschwingungen angeregt. Bei gewissen Drehzahlen – den Resonanzdrehzahlen – wachsen diese Schwingungen sehr stark an.

Bei der Zerlegung der Gastangentialkraft mittels Fourier-Analyse in eine Summe von sinusförmigen Kraftverläufen hat die 1. Motorordnung die größte Amplitude (dominan-

te Motorordnung). Die 1. Motorordnung bedeutet, dass der sinusförmige Kraftverlauf und die Motordrehzahl mit der gleichen Frequenz auftreten. Treffen Eigenfrequenz und die 1. Motorordnung im Drehzahlbereich des Antriebsstrangs zusammen, entstehen sehr große Schwingausschläge und damit Bauteilbelastungen (Bild 1).

Steifigkeit steuert die Eigenfrequenzen

Hier wird die Auslegung eines Feder-Dämpfersystems für einen Motorrad-Antriebsstrang näher betrachtet (Bild 2). Das System ist so auszulegen, dass gewisse Spitzenmomente für die nachgelagerten Teile des Antriebes – wie Kupplung und Getriebe – reduziert werden. Das kann geschehen, indem die Eigenfrequenzen, die mit der 1. Motorordnung zusammentreffen, durch Wahl einer geeigneten Steifigkeit außerhalb des Betriebsdrehzahlbereichs liegen.

Ist dies nicht möglich, lässt sich durch eine hinreichende Dämpfung ein Aufschwingen des Systems beim Durchfahren der Eigenfrequenz vermeiden. Dämpfung bedeutet jedoch Energieverlust. Sie sollte deshalb so gering wie möglich sein.

Für die Auslegung des Feder-Dämpfersystems in der Kupplung wird der komplette Antriebsstrang dreidimensional in Ansys Motion abgebildet. Die Modellierung des Feder-Dämpfers erfolgt über sogenannte „Bushings“. Diese Vorgehensweise ermöglicht das Verhalten im Antrieb bei verschiedenen Fahrscenarien und Feder-Dämpferkonfigurationen darzustellen und später auch mit Versuchsdaten zu validieren.

Das 3D-Modell wird mit den vorliegenden CAD-Daten aufgebaut. Dadurch entfällt eine zeitaufwändige Reduktion auf Drehträgheiten und koppelnde Steifigkeiten für ein 1D-Modell. Die für die Anregung verantwortlichen Gaskräfte werden aus einem gemessenen Kennfeld importiert.

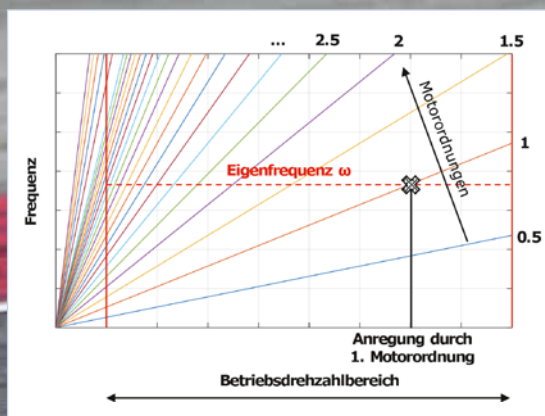


Bild 1: Ordnungsanalyse für einen Motorhochlauf.

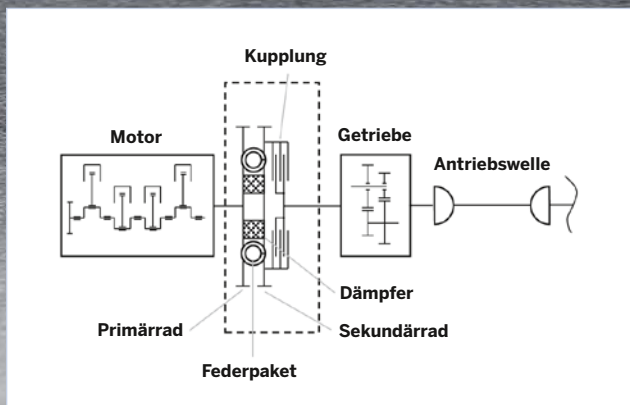


Bild 2: Antriebsstrang des Motorrads mit Feder-Dämpfersystem.

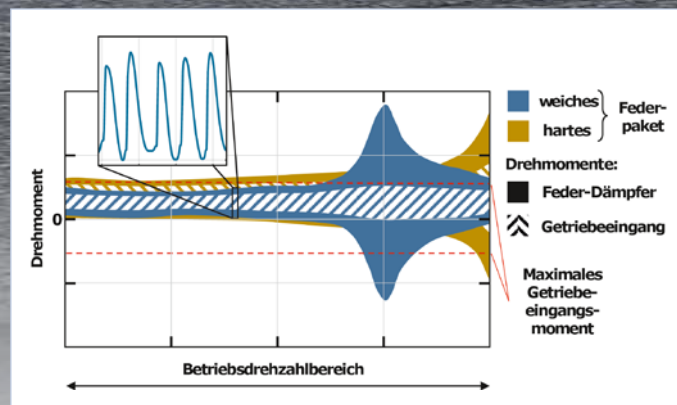


Bild 3: Darstellung des Hochlaufs mit unterschiedlichen Federpaketen.

Mit einer Interpolationsfunktion in Ansys Motion lassen sich die Werte zwischen den Kennfeldpunkten ermitteln.

Über einen „virtuellen gebremsten Hochlauf“ des Antriebsstrangs von der Leerlauf- bis zur Maximaldrehzahl wird das Aufschwingverhalten in Ansys Motion bewertet. Ein entsprechendes Bremsmoment ist notwendig, um genügend Zeit für das Aufschwingen im Resonanzfall zu haben. Die auftretenden Drehmomente sind daher mit dem realen Fahrbetrieb beziehungsweise dem Durchfahren der Eigenfrequenz bei der Beschleunigung des Fahrzeugs vergleichbar.

Im Bild 3 wird der Hochlauf mit den Drehmomenten sowohl am Feder-Dämpferelement in der Kupplung als auch am nachgelagerten Getriebeeingang veranschaulicht. Grundsätzlich ist festzustellen, dass am Getriebeeingang die Belastung geringer ist als am Feder-Dämpferelement, was auch der zusätzlichen Drehträgheit des Sekundärrades geschuldet ist (Bild 2).

Das „weiche“ Federpaket führt dazu, dass die Eigenfrequenz des Antriebsstrangs im Drehzahlbereich liegt. Dennoch liegen die Getriebeeingangsmomente durch eine passende Dämpferkonfiguration unterhalb der zulässigen Grenze. Mit dem „harten“ Federpaket tritt die Eigenfrequenz des Systems oberhalb des Betriebsdrehzahlbereichs auf. Jedoch sind die Getriebeeingangsmomente aufgrund der härteren Federkonfiguration im gesamten Drehzahlband höher. Sie über-

schreiten die zulässige Grenze bereits weit unterhalb der Maximaldrehzahl.

Welches Federpaket ist die bessere Wahl?

Deshalb ist das „weiche“ Federpaket in diesem Fall die bessere Wahl. Mit Ansys Motion lassen sich verschiedene Feder-Dämpferkonfigurationen zügig berechnen und über den Postprozessor miteinander vergleichen. Beim Versuch auf dem Rollenprüfstand wurden die Ergebnisse der Simulation im Anschluss für die ausgewählte Variante bewertet. Die Eigenfrequenz von Modell und realen Antriebsstrang deckten sich hierbei sehr gut.

Die Mehrkörpersimulation und Auslegung des Gesamtsystems ist demnach wichtig, um in nachgelagerten Berechnungen die richtigen Randbedingungen für die Auslegung von Bauteilen aus dem Antriebsstrang zu erreichen. Insbesondere die Reduzierung von Kräften und Momenten ermöglicht eine Optimierung der Komponenten hinsichtlich Gewicht, Bauraum und Kosten.

Hierbei lassen sich mit Ansys Motion auch sehr große und komplexe Systeme wie eine gesamte Antriebseinheit in einer 3D-Simulation abbilden, um eine Art „digitalen Zwilling“ zu erstellen. Die Ergänzung der Ansys Workbench durch Ansys Motion ist aus Sicht der IGEL AG ein weiterer wichtiger Schritt zu einer ALL-IN-ONE Berechnungsplattform für unser Entwicklungsteam. Die

Einführung und Integration der Software wurde vom CADFEM Team aus Grafing betreut. Hierzu wurde auch der Kontakt zu dem Entwicklungsteam von Virtual Motion in Südkorea hergestellt, was uns eine schnelle Realisierung des Projektes ermöglichte.

Aktuell wird bei der IGEL AG das neu implementierte „EHD Bearing Interface“ getestet. Die Auslegung der Pleuellager mittels eines Simulationsmodells, das die kurbelwinkelabhängige Druckverteilung in den Haupt- und Pleuellagern berücksichtigt, liefert ein genaueres Spannungsbild. Dieses lässt sich wiederum für einen sehr genauen Festigkeitsnachweis verwenden. Auf diese Weise können Gewichtseinsparungen realisiert und zugleich die geforderte Sicherheit der Komponenten gegen Bauteilversagen gewährleistet werden.



UNTERNEHMEN | IGEL AG
www.igel.ag

AUTOREN | IGEL AG
Claus Kirner
Christian Kunz
christian.kunz@igel.ag

ANSPRECHPARTNER | CADFEM
Volker Ganzmann
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-15
vganzmann@cadfem.de