

Jahre auf Stunden verkürzt

Konstruktion & Engineering Januar 1994

Optimierung komplexer Bewegungsabläufe

BIELEFELD - Eine Maschine mit komplexen Bewegungsabläufen so zu konstruieren, daß sie sicher und ohne Überlastung der Getriebeglieder, speziell der Kurven, arbeitet, genügt nicht. Der Bewegungsablauf muß optimiert werden. Dieser Prozeß, der sich in der Vergangenheit oft über Jahre durch ständige Veränderungen der Maschine hingezogen hat, muß heute schneller gehen. Komfortable Softwarewerkzeuge schaffen das in wenigen Stunden.

Im Mittelpunkt der Entwicklung kurvengesteuerter Maschinen steht die Aufgabe, ein Produkt mit bestimmten technologischen Eigenschaften beziehungsweise Verhaltensweisen möglichst schnell und präzise zu be- oder verarbeiten. Für die Bearbeitung des Produkts müssen Werkzeuge konstruiert und dann so bewegt werden, daß ihr komplexes Zusammenspiel bei hoher Geschwindigkeit zur sicheren Umsetzung des Bearbeitungszieles führt.

Nur mit einem systematischen Entwicklungsansatz auf globaler Maschinenebene kann eine dem Optimum nahe Lösung für das Problem der Auslegung der Bewegungssteuerung gefunden werden. Das Leistungspotential einer Maschinenkonstruktion läßt sich nur dann voll ausschöpfen, wenn möglichst alle konstruktiven und technologischen Bedingungen gleichzeitig gegeneinander abgewogen und optimiert werden.

Aus den Randbedingungen der jeweiligen Aufgabenstellung läßt sich ein erster Lösungsansatz sowohl für den Bewegungsplan als auch für die verwendeten Getriebe herleiten und anschließend methodisch verbessern. Eine rechnerische Analyse und Simulation bewertet den Lösungsvorschlag. Anhand der so gewonnenen Erkenntnisse werden Verbesserungsvorschläge für die Gesamtlösung entwickelt. Die Konstruktion der Einzelteile überschneidet sich dabei im allgemeinen mit der Optimierung der Gesamt-Kinematik, einerseits durch die Einzelteilgeometrie für die Kollisionsuntersuchungen benötigt werden, andererseits aber auch durch die Formgebung von bewegten Getriebegliedern oder von eingreifenden Werkzeugen einschränkende Bedingungen für die Bewegungsauslegung entstehen.

Üblich ist die Verwendung normierter Bewegungsgesetze nach der VDI-Richtlinie 2143/1. Darüber hinaus werden von Software-Werkzeugen für Kurvenberechnungen weitere Bewegungsgesetze mit teilweise sehr viel leistungsfähigeren, aber auch komplexeren Möglichkeiten zur detaillierten Beschreibung des gewünschten Bewegungsverlaufs angeboten (zum Beispiel Polynominterpolatoren, Splines, allgemeine trigonometrische Bewegungsgesetze). Diese Möglichkeiten können zur Reduzierung der Beschleunigungen, der Ruckfunktionsextrema, der Schwingungsanregung und gleichzeitig zur besseren Einhaltung aufgabenspezifischer Kriterien verwendet werden.

Diesem ersten Vorentwurf schließt sich eine Voroptimierung an. Ziel ist es, im Rahmen der formulierten Bedingungen für die Bewegungsverläufe untereinander sämtliche Einzelbewegungen derart gegeneinander abzuwägen, daß alle angesteuerten Einzelgetriebe mit gleicher Intensität belastet werden. Das wesentliche Merkmal dieser Voroptimierung ist, daß sie - mit graphischen und auch rechnerischen Methoden - auf globaler Maschinenebene stattfindet, das heißt es werden sämtliche Bewegungen gleichzeitig aufeinander abgestimmt.

Die Komplexität dieser Aufgabe ist gewaltig. Derartige Optimierungen werden in der Praxis bisher über Jahre oder gar Jahrzehnte hinweg durch ständige Veränderungen an der bestehenden Maschine durchgeführt. Der Entwickler ist aber daran interessiert, möglichst früh ein ausgereiftes Stadium zu erreichen, um Kosten zu sparen und insbesondere die entstehenden Wettbewerbsvorteile sofort nutzen zu können. Ihm ist daher der Einsatz komfortabler Softwarewerkzeuge zu empfehlen, mit denen derartige Optimierungen innerhalb von Stunden durchgeführt werden können.

Den optimalen Überblick über die Bewegungsabläufe hat der Entwickler in einer gleichzeitig graphischen und numerischen Simulation der Gesamtgetriebes mit allen bewegten und feststehenden Werkzeugen und Getriebegliedern. Die Geometrie der bewegten Getriebeglieder wird dabei zweckmäßigerweise über eine CAD-Schnittstelle vom jeweils verwendeten CAD-System übernommen. Das Ziel dieser Simulation besteht darin, durch Variation im wesentlichen des Bewegungsdiagramms, aber auch der kinematischen Abmessungen der Einzelgetriebe und der kollisionsgefährdeten Bauteilgeometrie sämtliche Bewegungen so aufeinander abzustimmen, daß alle im Bewegungsplan formulierten Kollisionsbedingungen möglichst knapp eingehalten werden.

Diese Phase der Optimierung ist für die Auslegung des komplexen Gesamtbewegungssystems am wichtigsten. Da die produktspezifischen Erfordernisse aber ständig im Auge behalten werden müssen, kann sie kompetent nur durch erfahrene Entwicklungsingenieure durchgeführt werden. Werkzeuge zur Analyse und Optimierung komplexer Mechanismen und Bewegungsabläufe sollten ihnen daher möglichst unmittelbar zur Verfügung stehen.