Kurzfassung Dissertation Hansjörg Geiser, 2002

Grundlagen zur Beurteilung des Schwingungsverhaltens von Stirnrädern

Das Schwingungsverhalten einer Getriebestufe wird im wesentlichen durch das Systemverhalten und der Anregung des Zahneingriffs geprägt. Anregungsursachen sind die zeitlich veränderliche Verzah-nungs-Federkonstante, Verzahnungsabweichungen sowie die Überdeckungsvergrößerung unter Last.

Zur Bestimmung der Anregungsamplituden unter einer bestimmten Last kann unter Vorgabe konstanter Auslenkung der Verlauf der Verzahnungskraft bzw. dessen spektrale Zusammensetzung bestimmt werden. Mit dem Anregungsamplitudenpegel L_{Ai} ist es möglich, die Tonalität der Anregung einer Verzahnung vergleichend zu beurteilen. Eine Beurteilung der Anregungsfunktion alleine ist für die Beurteilung des Schwingungsverhaltens einer Verzahnung jedoch nicht ausreichend.

Der Berechnung der dynamischen Lastüberhöhungen nach DIN 3990 wird der Ein-Masse-Schwinger zu Grunde gelegt. Dieses Ersatzmodell ist für die Beurteilung einer Verzahnung ausreichend, solange die Zahneigenfrequenz das Schwingungsverhalten dominiert und die entsprechenden Eingangsgrößen richtig bestimmt werden. Zum besseren Verständnis grundlegender Zusammenhänge zwischen Schwingungsanregung und Schwingungsantwort wurde das Schwingungsverhalten des parametererregten Ein-Masse-Schwingers vereinfachend linearisiert. Im eingeschwungenen, stationären Zustand kann nur die partikuläre Lösung betrachtet werden. Je nach Lage der Zahneigenfrequenz, der Last und der Anregungsfunktion ergibt sich ein unterschiedliches Kraftspektrum. Zur Beurteilung dessen wurde der linearisierte Kraftpegel L_{Flin} definiert, der aus der Summe der Fourierkoeffizienten gebildet wird. Die linearisierte Betrachtung sollte wegen der Vernachlässigung von Teilen der Parametererregung im Einzelnen numerisch überprüft werden. Mit Hilfe der numerischen Simulation ist es mit DZP möglich, das dynamische Verhalten einer Getriebestufe unter Berücksichtigung von Rotations- und Translationsfreiheitsgraden zu berechnen. Der dynamische Verzahnungskraftverlauf kann analog zum linearisierten Kraftpegel in Form des dynamischen Kraftpegels L_{Fdyn} beurteilt werden.

Zur experimentellen Absicherung wurden in einem Prüfprogramm unterschiedliche topologische Flankenkorrekturen untersucht. Unter Berücksichtigung der Fertigungsabweichungen ergab sich zwischen den gemessenen Torsionsbeschleunigungspegeln und den berechneten Kraftpegeln eine gute Übereinstimmung. Durch Fertigungsabweichungen können ungewollte Anregungen in eine Verzahnung eingebracht werden, die sich nicht nur bezüglich Geräusch sondern auch bezüglich Tragfähigkeit auswirken können. Eine dynamische Lastverteilungsberechnung kann mit DZP durchgeführt werden.

An einem Praxisbeispiel konnte gezeigt werden, dass bei entsprechend sorgfältiger Auslegung und Fertigung die theoretische Funktion einer geräuschmäßig optimierten, gewälzten Flankenkorrektur in die Realität umgesetzt werden kann.

Die in dieser Arbeit definierten Kraftpegel erfassen mit der Schwingungsantwort auch den Einfluss der Dämpfung. Da diese proportional zur Gesamtberührlinienlänge gesetzt werden kann, wird zur Reduzierung der Schwingungsantwort bei gleicher Anregung eine möglichst hohe Profilüberdeckung empfohlen. Die Wirkung von Korrekturen ist last- und drehzahlabhängig. Um die Güte der Verzahnung bezüglich Fertigungs- und Eigenfrequenzabweichungen beurteilen zu können, ist ein erweiterter Umkreis im Last/Bezugsdrehzahl Diagramm der Kraftpegel zu betrachten.