

Mehrfacheingriff Planetengetriebe – Forschungssoftware

Aktuelle Trends bei der Auslegung und Optimierung von Planetengetrieben hin zu weiter steigenden Leistungsdichten und geringerer Anregung erfordern in der Simulationstechnik eine möglichst genaue Abbildung der Eingriffs- und Steifigkeitsverhältnisse im Zahnkontakt bei hinreichend geringem Rechenaufwand. Für die Abbildung der Steifigkeitsverhältnisse im Zahnkontakt spielt hinsichtlich der Gewichtsreduktion für eine höhere Leistungsdichte auch die Betrachtung des Gesamtsystems Planetengetriebe - samt Gehäuse-, Hohlradkranz- sowie Planetenträgersteifigkeit - eine übergeordnete Rolle.

Zur Dimensionierung von Leistungsverzahnungen hebt sich die FE-basierte Zahnkontaktanalyse mit analytischem Linienkontakt gegenüber Normberechnungen durch die genauer bestimmbaren Beanspruchungsverhältnisse am Zahnfuß sowie an der Zahnflanke ohne Messdaten oder Vorwissen ab. Gegenüber der FEM-Berechnung erfordert sie aufgrund des einmaligen Lösen des Kontaktproblems zudem einen wesentlich geringeren Rechenaufwand, was sie für Variantenrechnungen für die Mikrogeometrieauslegung zur Optimierung des Einsatzverhaltens unter Einfluss lastbedingter Verlagerungen befähigt. Deshalb wurde in diesem Forschungsvorhaben die FE-basierte Zahnkontaktanalyse FE-STIRNADKETTE (STIRAK), welche Teil der FVA-WORKBENCH ist, mit dem Ziel der Simulation gekoppelter Mehrfacheingriffe von Planetengetrieben unter Berücksichtigung des elastischen Umfeldes weiterentwickelt.

Das Kontaktmodell von STIRAK wurde angepasst und bezüglich einer Leistungsaufteilung und anschließende -summierung innerhalb eines Rechenmodells erweitert. Gemäß dem Leistungsfluss infolge des vorgegebenen Betriebsmodus der Planetenstufe werden in der Geometrieberechnung die Berührlinien aller Eingriffe zueinander ausgerichtet. Die erweiterte Berechnung mit geschlossenen Zentralradeingriffen wurde ermöglicht, sodass die



Verschiebungseinflusszahlen der Eingriffe an dem Sonnen- bzw. Hohlrad in Abhängigkeit voneinander gelöst werden, um Verformungs- sowie Abdrängungseffekte infolge der Mehrfacheingriffe an einem Zentralrad bei ungleicher Lastaufteilung auf die Planeten zu berücksichtigen. Zur Verbesserung der Recheneffizienz werden bei der Geometrieerzeugung und -vernetzung reduzierte Vollradmodelle der Zentralräder generiert, bei denen lediglich die

in Eingriff kommenden Zähne im FE-Netz vorhanden sind. Die restlichen Zähne werden aufgrund des gegenüber dem Radkranz geringen Steifigkeitseinflusses vernachlässigt.

Zur Berücksichtigung von Systemverlagerungen wurde eine Schnittstelle zur FVA-WORKBENCH geschaffen. Die Vorgabe der Verlagerung erfolgt aufgelöst über der Zahnbreite. Nach bisherigem Stand erfolgte die Vorgabe der lastbezogenen Verkippung oder Verformung des Umfeldes über ein Polynom. Dieses Polynom ermöglicht die Vorgabe einer lastbedingten Flankenlinienwinkelabweichung, also einer über der Zahnradbreite linear verlaufenden Verformung des Eingriffes. Dieses Vorgehen ist insoweit zulässig, wie keine Biegeverformung in der Zahnradnabe stattfindet. Bei einer Biegeverformung im Bereich der Verzahnung, also einer Verformung der Radachse, stellt sich eine über der Zahnbreite nichtlineare Verformung ein, die bisher nicht berücksichtigt werden konnte. Die Fesselungsbedingungen für Hohlräder wurden so erweitert, dass mit kommerziellen FEM-Programmen vorberechnete Steifigkeiten, beispielsweise einer Drehmomentstütze eines feststehenden Hohlrades, als zusätzliche Nachgiebigkeiten in den Eingriffsebenen berücksichtigt werden können. Eine durchgeführte Berechnungsstudie mit unterschiedlichen Netzgrößen ergab, dass das verwendete Kontaktverfahren mit dem erweiterten Knoten-Flächen-Kontakt in Z88 für die untersuchten Elementkombinationen eine zuverlässige Berücksichtigung der Modellsteifigkeit erlaubt.

Autoren: **Julian Theling M.Sc., Simon Nohl M.Sc.**
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Christian Kunze
T 069- 66 03- 16 74

Das Projekt 377 IV der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über Eigenmittel finanziert.

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.) ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert.

Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche.

Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten.

Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.