

KISSsoft AG - +41 55 254 20 50
Uetzikon 4 - +41 55 254 20 51
8634 Hombrechtikon - info@KISSsoft.AG
Switzerland - www.KISSsoft.AG

Auslegung von Wälzlager in Windkraftanlagen

KISSsoft AG, Dr. Stefan Beermann



Moderne Windkraftanlagen müssen eine lange Lebensdauer erreichen, dürfen aber gleichzeitig nur geringe Wartungskosten verursachen. Getrieben vom Kostendruck setzen immer mehr Hersteller auf eine voraussichtliche Produktentwicklung. Den Konstrukteuren ist es darum ein Anliegen, die Auslegung der einzelnen Maschinenelemente und die Wechselwirkung mit ihrer Umgebung möglichst frühzeitig in den Entwicklungsprozess zu integrieren. Moderne und zuverlässige Berechnungstools leisten hier in Verbindung mit fachlichem Know-how einen wesentlichen Beitrag.

Mit dem neuen KISSsoft-Release 04/2010 steht eine Software für die Auslegung von Maschinenelementen bereit, welche mit Verbesserungen in den für die Windkraft wichtigen Bereichen aufwarten kann – wie der Zahnkontaktanalyse, der Sicherheit gegen Micropitting sowie der Wälzlagerlebensdauer-Berechnung unter Berücksichtigung der inneren Geometrie.

Lagerschäden im Windbereich

In den Achtziger- und Neunzigerjahren des zwanzigsten Jahrhunderts entstanden die ersten grösseren Windfarmen in den USA. Zu jener Zeit traten klassische Verzahnungs- (Grübchen, Zahnfußbruch, Fressen) oder Lagerschäden auf. Üblicherweise handelte es sich dabei um Anlagen mit rund 250 Kilowatt und einem Rotordurchmesser von 35 Metern, wobei die Rotordrehzahl ungefähr 50-60 Umdrehungen pro Minute betrug.

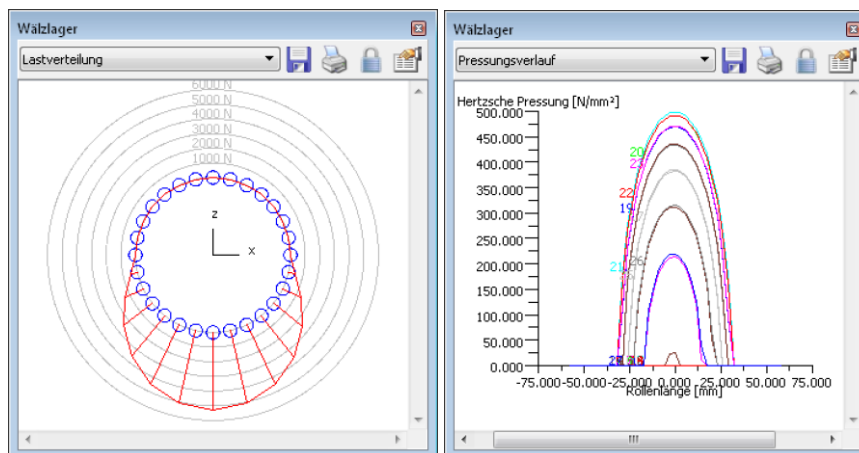
Zu Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts war die Anlagenleistung drastisch angestiegen (750 Kilowatt bis 1.5 Megawatt) und die Rotordrehzahl gesunken (rund 25 Umdrehungen pro Minute). Klassische Verzahnungsschäden waren durch die gesammelten Erfahrungen und die oben erwähnten Regelwerke mehr oder minder ausgemerzt, die Lagerschäden jedoch nicht. In den folgenden Jahren stieg die Anlagenleistung sogar noch weiter an (5 Megawatt), während die Rotordrehzahl kontinuierlich kleiner wurde.

Lager stellen auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt in der Windbranche immer noch einen der Hauptgründe für Betriebsausfälle dar, weshalb an dieser Stelle die Lebensdauerberechnung für Lager im Windbereich betrachtet werden soll.

Wälzlagerberechnung nach ISO/TS 16281

In KISSsoft ist die Wälzlagerberechnung im Welleneditor integriert, wobei zusätzlich zur klassischen Methode – der von unendlich steifen Lagern ausgehenden "Katalog-Methode" L_{10} – auch die Ermittlung der modifizierten Referenz-Lebensdauer L_{10r} nach ISO/TS 16281 implementiert ist.

Diese im Jahr 2008 erschienene Norm definiert die Berechnung der Lagerlebensdauer unter Berücksichtigung der inneren Wälzlagergeometrie und unter allgemeiner Belastung. Hierzu wird die Lastverteilung auf die Wälzkörper über die nichtlineare Steifigkeit zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen unter Verwendung der Hertz'schen Theorie bestimmt. Dieser numerische Rechengang sieht darüber hinaus das Berechnen der Pressung auf die einzelnen Wälzkörper vor, wodurch auch die Modellierung eines übertragenen Biegemoments ermöglicht wird.



Durch die Integration des Wälzlagermoduls in die Wellenberechnung werden die Lagerlasten automatisch ermittelt, wobei sich ein Lager ganz einfach und gezielt im Hinblick auf Lebensdauer und statische Sicherheit tabellarisch auswählen lässt. Hierfür steht eine Datenbank mit mehr als 15'000 Lagern zur Verfügung. So erhält man mit wenigen Mausklicks ein geeignetes Lager für die gewünschte Lebensdauer.

Bei der Berechnung der Lagerlebensdauer werden Einflussgrößen wie Schiefstellung, Betriebsspiel und innere Lastverteilung, aber auch solche wie Schmierstofftemperatur und -sauberkeit berücksichtigt, wobei L_{10mr} die Faktoren a_1 und a_{ISO} für die Ausfallwahrscheinlichkeit und den Einfluss der Schmierung enthält. KISSsoft liefert für die Analyse der nichtlinearen Wälzlagersteifigkeiten ein qualitätsstarkes Werkzeug – für einfache und komplexe Lagerkonfigurationen.

Berechnungsprobleme bei Blatt- und Turmlagern

Die Lager, insbesondere für den Turm, aber auch das Hauptlager und – je nach Grösse der Anlage – die Blattlager sind verhältnismässig gross. Daraus folgt, dass die Laufbahnen typischerweise nicht die sonst übliche Härte von 58 HRC haben, sondern niedriger liegen, etwa bei 55 HRC. Beispielsweise bei der Rechenvorschrift nach NREL DG03 wird dies durch einen eigenen Faktor berücksichtigt.

Die Blatt- und Turmlager führen normalerweise nur Schwenkbewegungen aus. Insbesondere die Blattlager kommen oft nur auf sehr kleine Schwenkwinkel. Daher ist eine Lebensdauerberechnung für diese Lager nach den üblichen Methoden nicht sinnvoll, sondern es wird die stati-

sche Tragfähigkeit betrachtet. Auch hier ist zu beachten, dass die üblicherweise angesetzten statischen Tragzahlen auf einer höheren Härte der Laufbahnen beruhen, also nach unten zu korrigieren sind.

Wird ein integriertes Hauptlager mit relativ weicher Anschlusskonstruktion betrachtet, so sind die Verformungen der Ringe zu berücksichtigen. Hierbei sind insbesondere die Verschraubungen zu beachten, welche bereits im unbelasteten, aber montierten (also vorgespannten) Zustand zu nennenswerten Verformungen führen. In solchen Fällen muss auch mit der „Finite Elemente“-Methode gerechnet werden. Eine Lebensdauer-Abschätzung kann sich dann zum Beispiel durch Vergleich der Spannungen in der FE-Berechnung mit denen aus der KISSsoft Berechnung mit starren Lagerringen ergeben.

Bilanz und Ausblick



Mit KISSsoft lassen sich komplexe Zusammenhänge zuverlässig berechnen und fundierte Entscheidungsgrundlagen liefern, lange bevor die Konstruktion einer Windkraftanlage überhaupt in die Tat umgesetzt wird. Ein ausgewogenes und optimal ausgelegtes Design führt dabei nicht nur zur Einsparung von Kosten und Gewicht, sondern

auch zu zuverlässigen Vorhersagen über zukünftiges Verhalten, geforderte Stabilität und Lebensdauer des Getriebes. Betrieb und Wartung sind normalerweise gut kalkulierbar und dank einer Berechnungssoftware wie KISSsoft lässt sich die Schadenswahrscheinlichkeit zum Beispiel bei Wälzlagern im Vorhinein drastisch reduzieren.

Eine kostenlose Testversion des aktuellen KISSsoft Releases 04/2010 steht unter www.KISSsoft.AG zum Download bereit.