

Berechnung

Verzahnungen effizient auslegen und optimieren

26.01.2023 | Quelle: Fachartikel von Kissoft

Blatt- und Azimutlager spielen in Windkraftanlagen eine wichtige Rolle, da sie die Last reduzieren und den Ertrag steigern können. Das Stirnradbasispaket in Kissoft unterstützt Entwickler bei Berechnung und Optimierung.



Mit der Berechnungssoftware Kissoft lassen sich Verzahnungen von Blatt- und Azimutlagern für Windenergieanlagen effizient auslegen, berechnen und optimieren.

(Bild: Liebherr-Components Biberach GmbH)

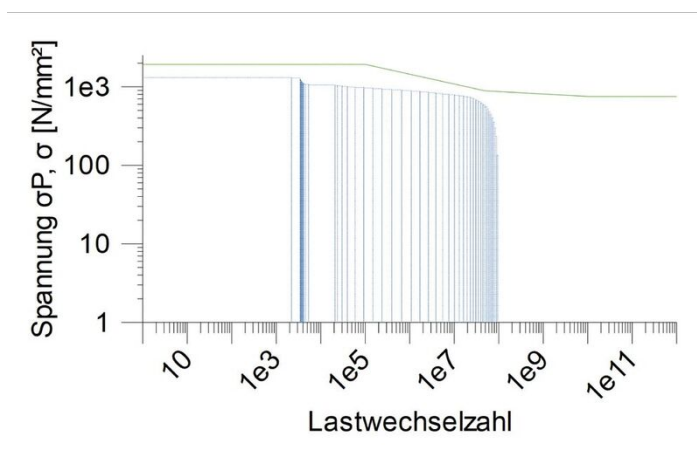
Pitch- und Azimutsysteme dienen in Windenergieanlagen der Ertragsoptimierung und der Lastreduktion und tragen somit entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Windenergieanlagen bei. Den Blatt- und Azimutlagern kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Die Herausforderung besteht darin, Blatt- und Azimutlager möglichst effizient zu entwickeln und zuverlässig über die gesamte Lebensdauer zu bewerten. Beim Ingenieurbüro Bewind GmbH, Experte für die Entwicklung wettbewerbsfähiger Konzepte für komplette Windenergieanlagen und einzelne Subsysteme wie Rotorblätter und Triebstrangkonzepete, erfolgt die Vorauslegung der Lagerverzahnung mit der

Berechnungssoftware Kisssoft, wodurch die Anzahl der Iterationsschleifen im Lagerdesign deutlich reduziert werden.

Die Größe der Blatt- und Azimutlager wird im Wesentlichen durch das Laufbahnsystem und dem zur Verfügung stehenden Bauraum bestimmt. Damit ist der ungefähre Durchmesser der Verzahnung vorgegeben. Bei Großwälzlager sind außerdem einige Verzahnungsparameter wie zum Beispiel Eingriffswinkel, Schrägungswinkel, Profilverschiebung und Kopfrücknahme standardisiert. Aus Fertigungs- und Kostengründen weisen die Verzahnungen zudem keine Profil- oder Breitenkorrekturen auf. Es müssen noch Normalmodul, Zähnezah und Zahnbreite bestimmt werden. Dies ist mit Kisssoft einfach möglich.

Auslegung der Verzahnung mit dem Stirnradbasispaket

- Zunächst erfolgt eine Vordimensionierung der Verzahnung nach ISO 6336 auf Basis der zu erwartenden Extremlast. Es werden die Verzahnungsparameter für verschiedene Normalmoduln ermittelt. Dabei werden auch Verzahnungsparameter bereits vorhandener Pitch- und Azimutgetriebe berücksichtigt.
- Anschließend wird für die infrage kommenden Varianten der Betriebsfestigkeitsnachweis nach ISO 6336 durchgeführt. Dieser erfolgt mit dem Lastkollektiv, welches entweder händisch eingegeben oder eingelesen werden kann. Wenn zu diesem Zeitpunkt bereits bekannt, kann die Lastabhängigkeit des Breitenlastfaktors berücksichtigt werden.
- Die Visualisierung der Wöhlerlinien hilft bei der Bewertung der Ergebnisse und Auswahl der besten Lösung.



Das Bild zeigt die Wöhlerlinie und das Belastungskollektiv der Lagerverzahnung für Flankenpressung. Die Visualisierung der Wöhlerlinien hilft bei der Bewertung der Ergebnisse.

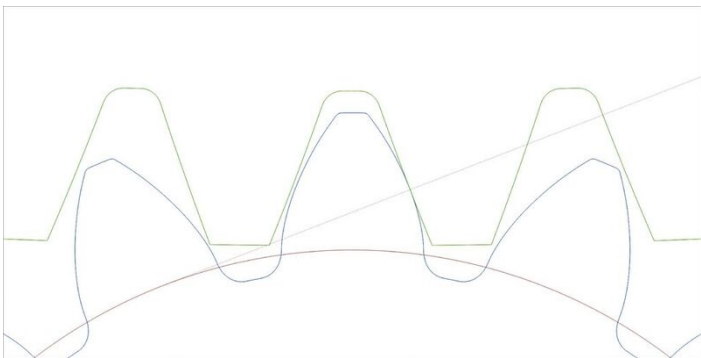
(Bild: Kisssoft)

Einfluss der Antriebe auf die Lagerverzahnung

Anzahl und Anordnung der Pitch- bzw. Azimutgetriebe haben einen großen Einfluss auf die Parameter der Lagerverzahnung. Im Pitchsystem kommt bei aktuellen Windenergieanlagen üblicherweise nur ein Pitchantrieb pro Blattachse zum Einsatz. Das Azimutsystem hingegen besteht je nach zur Verfügung stehendem Bauraum aus bis zu 16 Azimutantrieben. Im Azimutsystem gibt es somit mehr Freiheitsgrade.

Anzahl und Größe der Antriebe ergeben sich aus den drei Kriterien erforderliches Antriebsmoment, erforderliches Haltemoment und Nachweis der Lagerverzahnung. Im Idealfall führen alle drei Kriterien zur gleichen Anzahl von Antrieben. Dann ist das System optimal ausgelegt. Je mehr Antriebe zum Einsatz kommen, desto kleiner kann der Normalmodul gewählt werden. Häufig sind die Antriebe dann in Gruppen sehr dicht zueinander angeordnet. In Kombination mit der Vorzugswindrichtung führt dies zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Lastwechsel über den Lagerumfang. Damit sehen einige Zähne deutlich mehr Lastwechsel als andere. Dies sollte in den Nachweisen entsprechend berücksichtigt werden. Hierzu kann die ermittelte maximale Lastwechselzahl manuell in KISSsoft eingegeben werden.

Verzahnungsmodifikationen im 2D-Plot visuell überprüfen



*KISSsoft unterstützt bei der Auslegung und Optimierung der Profilmodifikationen. Das Ergebnis kann im 2D-Plot des Zahneingriffs visuell überprüft werden.
(Bild: KISSsoft)*

Bei der Lagerverzahnung handelt es sich um eine hochbelastete Verzahnung. Trotz theoretisch einwandfreier Verzahnungspaarung kann es zu Eingriffsstörungen kommen. Das härtere Ritzel des Pitch- bzw. Azimutgetriebes verursacht dann abrasiven Verschleiß im Zahnfuß der Lagerverzahnung. Daher wird von den Lagerherstellern eine Profilmodifikation des Ritzels in Form einer bogenförmigen Kopfrücknahme und

einer Kopfrundung empfohlen.

KISSsoft unterstützt bei der Auslegung und Optimierung der Profilmodifikationen. Das Ergebnis kann im 2D-Plot des Zahneingriffs visuell überprüft werden. Der Einfluss der Modifikationen auf die Profilüberdeckung wird im Verzahnungsnachweis berücksichtigt.

BUCHTIPP

Das „Praxishandbuch Antriebsauslegung“ hilft bei der Auswahl der wesentlichen Bestandteile elektrischer Antriebssysteme: Motor, Getriebe, Stellgerät, Netzversorgung sowie deren Zusatzkomponenten. Auch auf die Berechnung wird intensiv eingegangen.

Verzahnungsnachweis nach ISO 6336 mit KISSsoft

Nach Vorauslegung der Verzahnung unter Berücksichtigung der Anzahl und Anordnung der Antriebe und nach Optimierung der Verzahnungsgeometrie erfolgt der abschließende Verzahnungsnachweis nach ISO 6336 mit KISSsoft. Im Idealfall steht die Lagerverzahnung vor dem ersten Kontakt mit dem Lagerhersteller bereits fest und muss nur noch durch diesen bestätigt werden. Zeitaufwändige Abstimmungsrunden und Iterationsschleifen im Design entfallen damit.

Im Laufe des Entwicklungsprojekts und der Entwicklung von neuen Anlagenvarianten ändern sich häufig die Lasten. „Mit KISSsoft kann die Eignung der Lagerverzahnung für die neuen Lasten schnell überprüft werden, ohne auf die Lieferanten zugehen zu müssen“, führt Christian Bulligk aus, Lead Engineer Pitch and Yaw Systems bei Bewind. Die von KISSsoft generierten Berechnungsberichte können anschließend direkt für die Komponentenzertifizierung verwendet werden.

KISSsoft hilft somit, die Entwicklungsaufwände und -zeiten zu reduzieren und ist damit einer der Faktoren für den Erfolg von Bewind.

ÜBER BEWIND

Die Bewind GmbH (Anmerk. d. Red.: eigene Schreibweise bewind GmbH) entwickelt wettbewerbsfähige Konzepte für komplette Windenergieanlagen und einzelne Subsysteme wie zum Beispiel Rotorblätter und Triebstrangkonzepete. Zum Kundenportfolio gehören unter anderem Komponenten- und Anlagenhersteller sowie Windparkbetreiber und Servicedienstleister. Das unabhängige Unternehmen aus Rendsburg in Deutschland wurde 2019 gegründet und beschäftigt 30 Mitarbeitende.

(ID:48987810)