

LAGERSCHÄDEN IN EINEM WINDNACHFÜHRUNGSSYSTEM

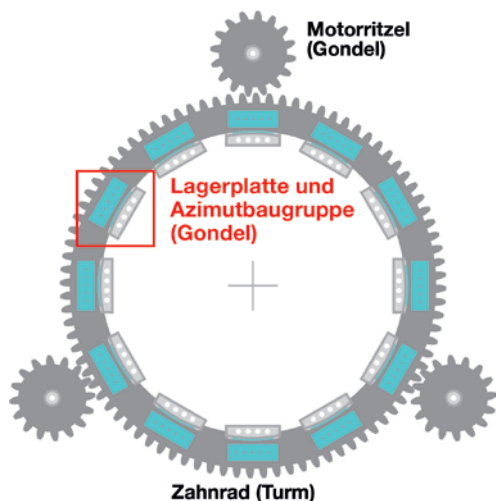
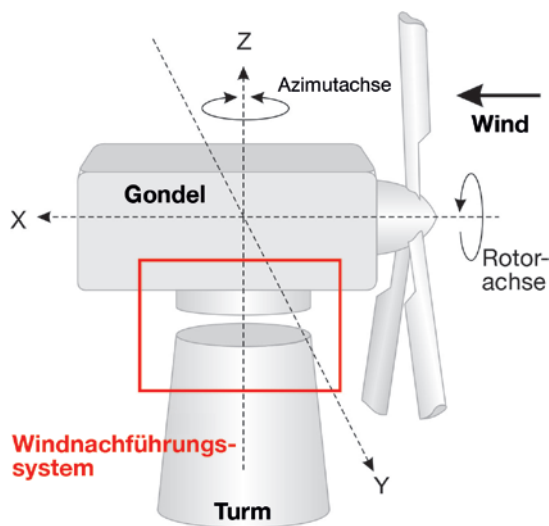


Zwei Fallbeispiele veranschaulichen, wie unwirtschaftlicher Betrieb, kostspielige Standzeiten und Folgeschäden an Windkraftanlagen durch eine effektive Remote Condition Monitoring Strategie vermieden werden können.

Seit mehr als zehn Jahren überwacht Brüel & Kjær Vibro Tausende von Windkraftanlagen per Remote Monitoring. Es stellte sich heraus, dass ein Großteil der Schäden, die von unseren Windturbinen-Überwachungszentren erkannt und diagnostiziert wurden, mit dem Antriebsstrang in Zusammenhang standen. Dieser Artikel enthält zwei Fallbeispiele, bei denen Schäden an einer völlig anderen, aber nicht weniger wichtigen Komponente erkannt und diagnostiziert

wurden – dem Windnachführungssystem. Dieses System trägt die enormen statischen und dynamischen Belastungen der Gondel und der Rotorblätter und ermöglicht das Ausrichten der Gondel in Windrichtung.

Die zugrunde liegende Schadensursache ist bei beiden Beispielen identisch, der Schaden manifestierte sich aber trotz baugleicher Turbinen auf unterschiedliche Art und Weise.



WINDNACHFÜHRUNGSSYSTEM

Das Windnachführungssystem (Azimutsystem) befindet sich zwischen Gondel und Turm (Abb. 1, oberes Bild). Es ermöglicht die Drehbewegung der Gondel auf dem Turm und das Stellen der Rotorblätter in Windrichtung. Nur wenn die Rotorblätter senkrecht zur Windrichtung stehen, kann eine bestmögliche Windausbeute erreicht werden. Das Windnachführungssystem ist auch darauf ausgelegt, das statische Gewicht der Gondel zu tragen und den enormen dynamischen Belastungen, die durch den rotierenden Antriebsstrang und die verstellbaren Rotorblätter entstehen, standzuhalten.

Das System besteht aus einem fest am Turm installierten Zahnrad (Abb. 1, unteres Bild). Zum Drehen der Gondel werden mehrere Ritzel von Azimutmotoren angetrieben. Die lasttragenden Komponenten bestehen aus Axial- und Radialgleitlagerplatten, die auf dem Zahnrad sitzen, wie im unteren Bild in Abb. 1 dargestellt. Die einzelnen Lagerplatten enthalten in der Regel ein Vorspannsystem, bestehend aus einer Feder und einer Einstellschraube, dargestellt in Abb. 2. Das Vorspannsystem sorgt für den festen Sitz der Gleitlagerplatten auf dem Zahnrad und gewährleistet den gleichmäßigen Verschleiß aller Führungslager. Sind die Gleitlager nicht ordnungsgemäß vorgespannt, können sie beschädigt werden, was sich wiederum nachteilig auf das Drehverhalten der Gondel auswirkt.

Abb. 1. Das Windnachführungssystem (Azimutsystem) einer Windturbinengondel stellt die Rotorblätter in den Wind. Es besteht aus einem Zahnrad, dem Azimutmotor und den Azimutbaugruppen (unteres Bild, Blick von der Gondel nach unten).

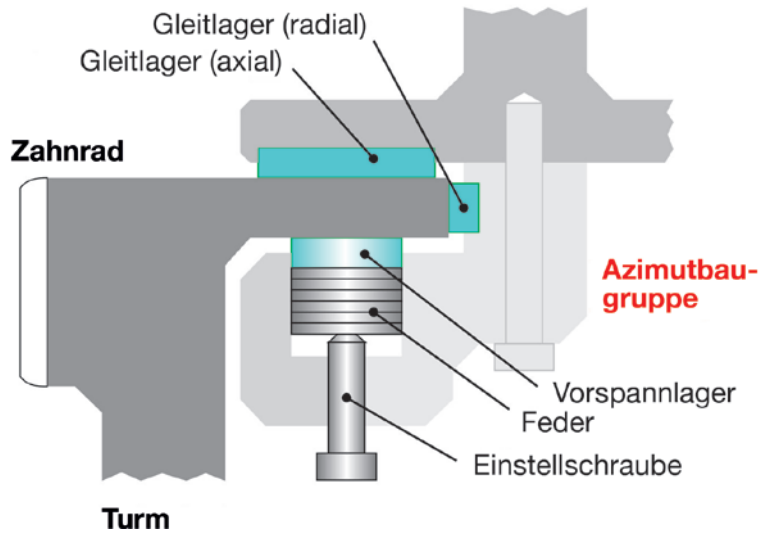


Abb. 2: Querschnitt einer Azimutbaugruppe auf dem Zahnrad

BEOBACHTUNGEN

Die Überwachungszentren von Brüel & Kjær Vibro haben Windkraftanlagen auf zahlreiche Fehlersymptome hin überwacht. Die hier betrachteten beiden Fälle waren jedoch einzigartig. Die Konfiguration des verwendeten Schutz- und Zustandsüberwachungssystems ist in Abb. 3 dargestellt.

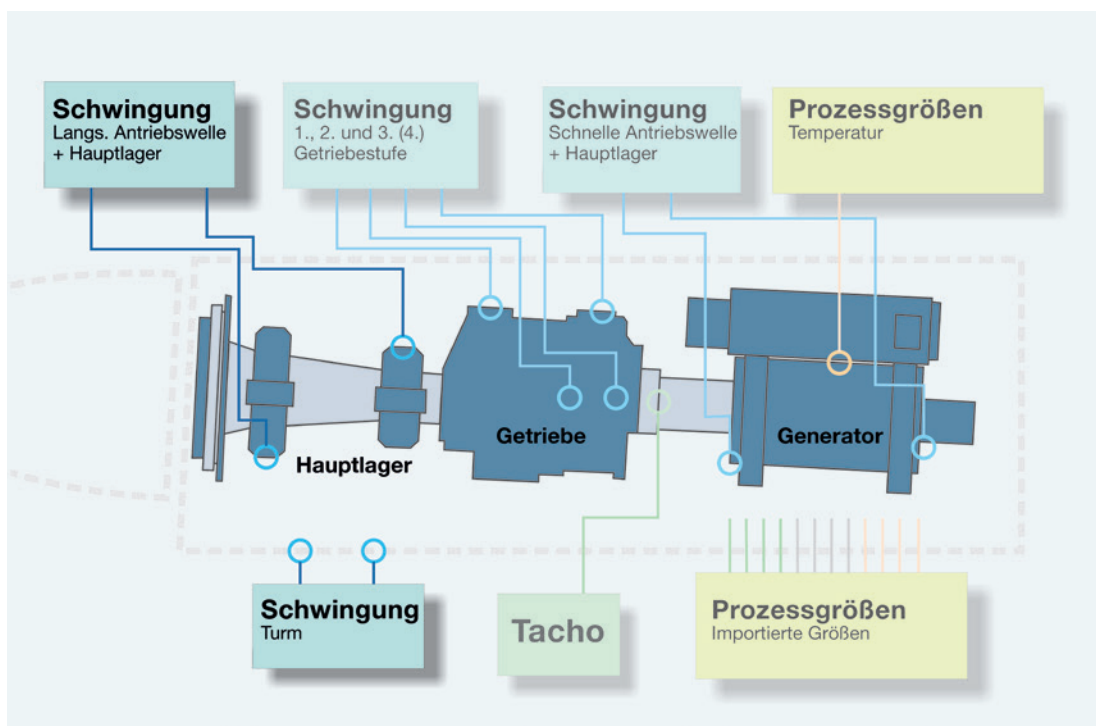
Fallbeispiel 1: Im Februar 2013 überstiegen die Schwingungsdeskriptoren (schmalbandige Kennwerte) der von den Beschleunigungssensoren erfassten Signale die Alarmgrenzwerte. Die Sensoren befanden sich am Hauptlager (nicht abgebildet) und am Turm (Abb. 4, oberes Bild). Die breitbandigen Kennwerte des Schwingungssignals (nicht abgebildet) blieben innerhalb akzeptabler Grenzen. Im Hauptlager und

an den Rotorblättern wurden keine Schäden gefunden, daher wurden die Federpakete an den Azimutbaugruppen ersetzt. Die Windturbine wurde im Mai 2013 erneut in Betrieb genommen, und die Schwingungswerte normalisierten sich nach der Inbetriebnahme. Im September 2013 stiegen die Schwingungswerte erneut drastisch an.

Fallbeispiel 2:

Die Schwing-Beschleunigungswerte am Turm einer Turbine in einem anderen Windpark wiesen urplötzlich eine abrupte Veränderung auf und überschritten die Gefahrenalarmgrenze (Abb. 4, unteres Bild). Der Überwachungsschwerpunkt verlagerte sich infolgedessen auf die Rotorblatt-/Hauptrotorbaugruppe, das Hauptlager und das Windnachführungssystem.

Abb. 3. Typische Überwachungsstrategie für eine mit diesem Fallbeispiel vergleichbare Windturbine. Die am Turm und am Hauptlager montierten Beschleunigungssensoren erfassten den Schaden im Windnachführungssystem.



ANALYSE

Der erfasste Schaden schien einzigartig zu sein. Die gespeicherten Zeitsignale beider Windturbinen wurden für eine erste Analyse genutzt.

Fallbeispiel 1: Sowohl im Februar 2013 als auch im September 2013 schien das Zeitsignal der Beschleunigungssensoren am Turm (Abb. 5, oberes Bild) und am Hauptlager (nicht abgebildet) zufällige Stoßimpulse zu enthalten. Aufgrund der zufälligen Impulse war eine genaue Ursachenbestimmung zunächst schwierig, da das Problem sowohl mit den Rotoren als auch mit dem Hauptlager oder dem Windnachführungssystem in Verbindung stehen konnte. Weder an den Rotorblättern noch am Hauptlager waren Schäden feststellbar, daher wurde von einem Schaden im Windnachführungssystem ausgegangen. Die Federpakete der Azimutbaugruppen waren im Mai 2013 ausgetauscht worden. Die starken Schwingungen waren im Anschluss zwar verschwunden, traten dann jedoch im September 2013 unvermittelt wieder auf. Und auch hier bestand Verdacht auf Schäden im Windnachführungssystem.

Fallbeispiel 2: Das in Abb. 5 (unteres Bild) dargestellte Zeitsignal wies auf einen periodischen Stoßimpuls hin, der der zweifachen Betriebsdrehzahl des Hauptrotors entsprach. Man ging davon aus, dass dieser periodische Impuls mit den Rotorblättern und/oder dem Windnachführungssystem im Zusammenhang stand.

EMPFEHLUNG/MASSNAHMEN

Der Schweregrad der Schäden und die empfohlenen Instandsetzungsmaßnahmen waren bei beiden Windturbinen unterschiedlich.

Fallbeispiel 1: Das Erscheinungsbild der Schäden war in diesem Windpark einzigartig. Anfänglich hatte man

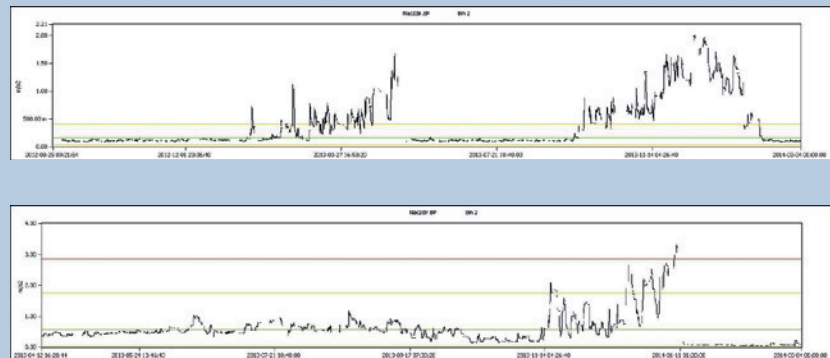


Abb. 4. Fallbeispiel 1 (oben) und Fallbeispiel 2 (unten), jeweils vor und nach der Reparatur: Dargestellt ist eine Bandpass-Beschleunigungsmessung, gemessen an den Turm-Beschleunigungssensoren.

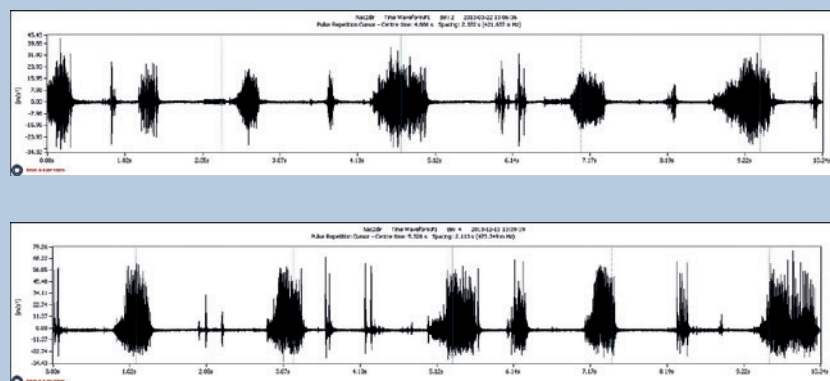


Abb. 5. Fallbeispiel 1 (oben) und Fallbeispiel 2 (unten): Im Schwingungssignal beider Diagramme ist ein Stoßimpuls erkennbar. In Beispiel 1 scheint er zufällig aufzutreten, während er in Beispiel 2 zwei Mal pro Rotorumdrehung erscheint.

dem ersten Schaden einen mittleren Schweregrad zugeordnet, da er zwar seit geraumer Zeit vorhanden war, aber nie die Gefahrenalarmgrenzen überschritten hatte. Bei dem nachfolgend auftretenden Schaden wurde von einem höheren Schweregrad ausgegangen – zum einen, weil der Schaden gravierender war, und zum anderen, weil die gleichen Fehlersymptome bereits zum zweiten Mal auftraten. In beiden Fällen wurde die Schadensentwicklung eingehend überwacht.

Fallbeispiel 2: Diesem Schaden hatte man wegen des rapiden Anstiegs der Schwingungswerte und der Tatsache, dass die Gefahrenalarmgrenzen überschritten wurden, einen hohen Schweregrad zugewiesen. Bei der Zuordnung hatte man zum Teil auch auf Erfahrungen und Rückmeldungen von Fallbeispiel 1 zurückgegriffen. Die empfohlene Vorlaufzeit für die Instandsetzung betrug vier Wochen.

FEEDBACK NACH DER INSTANDSETZUNG

Fallbeispiel 1: Nach dem ersten Herunterfahren der Turbine 2013 waren das Hauptlager und die Rotorblätter geprüft worden. Da kein Fehler gefunden wurde, hatte man das Windnachführungssystem in Augenschein genommen und beschlossen, alle Vorspann-Federpakete im System auszutauschen. Nach der Wiederinbetriebnahme der Windturbine hatte sich die Schwingstärke normalisiert (Abb. 4, oberes Bild). Nach nur dreieinhalb Monaten traten dieselben Schadenssymptome erneut auf, diesmal jedoch deutlich stärker. Erneut wurde das Windnachführungssystem demontiert, und dieses Mal war an zahlreichen axialen Gleitlagerplatten ein Schaden feststellbar. Die Platten wurden nachbearbeitet, die Federpakete ein zweites Mal ausgewechselt und die Turbine wieder in Betrieb genommen. Man geht davon aus, dass die Schäden an den Lager-

platten durch Kippbewegungen der Gondel auf dem Turm entstanden sind, die durch lose Azimutlager verursacht wurden. Die Kippbewegungen selbst wurden vermutlich durch wechselnde Windverhältnisse und Windlasten hervorgerufen. Die Rotorblätter wiesen (im Gegensatz zu Fallbeispiel 2) keinerlei Unwucht auf, die ein Kippen der Gondel mit den Rotorumdrehungen in Verbindung gebracht hätte. Da die Turbine über einen längeren Zeitraum mit losen Lagern betrieben worden war, waren die Gleitlagerplatten durch die kontinuierlichen Stöße so stark beschädigt worden, dass die Vorspannfedern die Schäden nicht kompensieren konnten.

Fallbeispiel 2: Sowohl die Rotorblätter als auch das Windnachführungssystem wurden inspiziert. An den Rotorblättern wurde eine Unwucht festgestellt, und beinahe 60 % der Vorspannschrauben an den Azimutbaugruppen hatten sich gelöst. Dieser kombinierte Effekt bewirkte das Kippen der Gondel auf dem Windnachführungssystem, das den Stoßimpuls im Zeitsignal verursachte (Abb. 5, unteres Bild), wenn eines der betroffenen Rotorblätter die 12- bzw. 6-Uhr-Position durchlief (zwei Stoßimpulse pro Rotorumdrehung). Nach dem Auswuchten der Rotorblätter und dem Festziehen der Vorspannschrauben normalisierte sich die Schwingungssignatur der Turbine. Unsere verwendeten Früherkennungs- und Diagnosemethoden wurden infolge der Schadenssymptome am Windnachführungssystem in Fallbeispiel 1 rasch optimiert.

FAZIT

Diese beiden Fallbeispiele veranschaulichen, dass Windturbinen neben dem Antriebsstrang weitere betriebswichtige Komponenten enthalten, die einer effektiven Überwachung bedürfen, zum Beispiel das Windnachführungssystem. Aus Fallbeispiel 1 geht hervor, dass mehrere Schäden gleichzeitig

auftreten können. Wären die losen Lagerplatten nicht überwacht und rechtzeitig instand gesetzt worden, hätte dies einen folgenschweren Maschinenausfall und ein Versagen des Windnachführungssystems zur Folge haben können. In diesem Fall hätte die Turbine entweder komplett heruntergefahren werden müssen oder über einen gewissen Zeitraum hinweg nur mit Teilleistung betrieben werden können.

DANKSAGUNG

Wir bedanken uns bei den Diagnoseexperten Zhenyan Liu und Reynir Hilmisson des Brüel & Kjær Vibro Überwachungs- und Diagnose-Servicecenters in Kopenhagen für ihre Beiträge zu diesem Artikel. ■



Zhenyan Liu
Reynir Hilmisson