

BWE FACHBEITRAG

Optimierte Fehlersuche

Eine Stärken- und Schwächenanalyse von Prüfmethode zur Diagnose von Schäden an Windenergieanlagen.

Von Jürgen Holzmüller, Dietmar Obst und Jochen Ziehmann

Dass auch an Windenergieanlagen Schäden auftreten, ist inzwischen hinlänglich bekannt. Um einerseits die Kosten der erforderlichen Instandsetzungen zu reduzieren und andererseits durch sachgerechte Schadensanalysen eine grundsätzliche Senkung der Ausfallraten zu erreichen, müssen die vorhandenen Schäden frühzeitig diagnostiziert, verifiziert und quantifiziert werden. Die Sachverständigen von der 8.2-Gruppe werden regelmäßig beauftragt, den Zustand der Hauptkomponenten Hauptlager, Getriebe und Generator zu dokumentieren und hinsichtlich des Instandsetzungsbedarfes zu bewerten. Inzwischen hat die Gruppe zirka 10.000 Prüfungen und Begutachtungen an Windenergieanlagen oder deren Komponenten durchgeführt.

Prüfung des Triebstrangs

Folgende Prüfmethode kommen zur Zustandserfassung am Antriebsstrang von Windenergieanlagen zur Anwendung:

- Sicht- und Funktionsprüfung aller zugänglichen Bauteile und Sichtprüfung der Getriebeverzahnung durch vorhandene Inspektionsöffnungen.
- Abhören des Antriebsstranges mit einem elektronischen Stethoskop während des Leistungsbetriebs der Anlage.
- Videoendoskopie des Hauptgetriebes (vereinzelt auch Hauptlager und Generatorwicklungen). Verwendet wird ein Videoendoskop mit flexibler Sonde, zwei Meter Sondlänge und einem Sondendurchmesser von 3,9 Millimeter.
- Schwingungsanalyse einer Offline-Messung (Acht-Kanal-Messung, zusätzliche Drehzahlmessung). Verwendet werden Messgeräte der Typen Peakstore und OmegaExpert2. Die Auswertung erfolgt mit eigener 8.2-Analyse-Software.

Werden alle Methoden an einem Antriebsstrang angewendet, entstehen hohe Prüfkosten. Über eine Stärken- und Schwächenanalyse soll geklärt werden, ob eventuell auf die Anwendung einer Prüfmethode verzichtet werden könnte, ohne größere Einschränkungen in der Zuverlässigkeit der Aussage hinnehmen zu müssen.

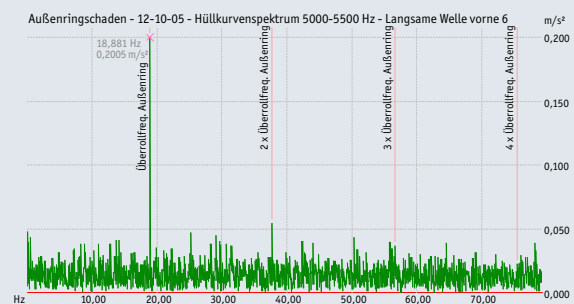
Statistische Auswertung der Prüfmethode

Die in den Fallbeispielen angedeuteten Schwächen und Stärken der jeweiligen Prüfmethode werden durch eine statistische Auswertung von 385 Prüfberichten (Stichtag 31. Juli 2006) bestätigt. Bei den Auswertungen wurden nur Ergebnisse von Windenergieanlagen mit Hauptgetriebe und mit einer Nennleistung von mindestens 1.000 Kilowatt (kW) berücksichtigt. Die detektierten Auffälligkeiten und Schäden wurden in fünf Kategorien eingeteilt (0.K. / Beobachtung / Warnung / Alarm / Bruch), von denen hier nur die Daten der drei mittleren Kategorien aufgeführt werden.

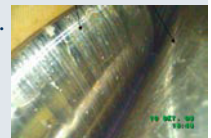
Ausgewählte Prüfergebnisse

Welche Prüfergebnisse sind von welcher Prüfmethode zu erwarten? Hier einige Fallbeispiele von tatsächlichen Schäden an Hauptgetrieben und den jeweiligen Prüfergebnissen:

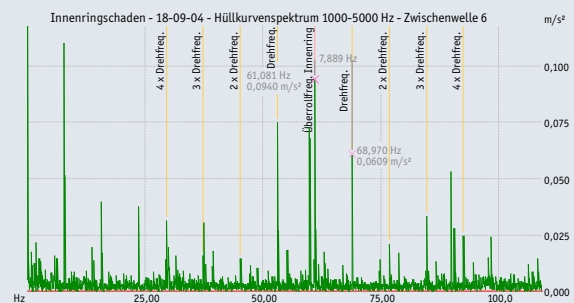
FALLBEISPIEL 1: Schaden an einem Lager der langsamen Getriebewelle:



Die Grafik oben stammt von der Schwingungsanalyse. Der hohe Pegel (links) des Spektrums (grün) deutet auf einen Schaden hin. Die Aufnahme rechts zeigt das Bild per Videoendoskopie.

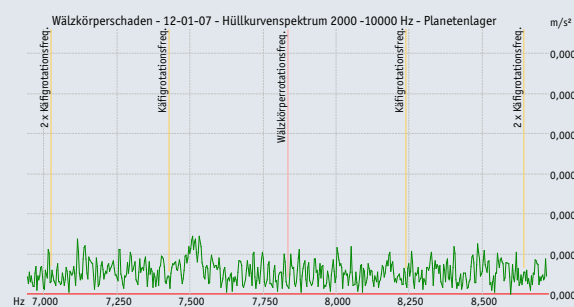


FALLBEISPIEL 2: Schaden an einem Lager der Zwischenwelle:

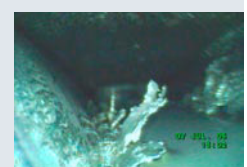


In dieser Schwingungsanalyse-Grafik weist der mehrfach erhöhte Pegel (grün) auf Schäden hin. Die Videoendoskopie liefert kein brauchbares Bild.

FALLBEISPIEL 3: Schaden an einem Planetenlager:



Bei dieser Schwingungsanalyse-Grafik zeigt der Pegel keine Auffälligkeiten. Ein Schaden ist nicht erkennbar. Rechts das Bild per Videoendoskopie.



BWE FACHBEITRAG

In der folgenden Tabelle werden die prozentualen Häufigkeiten der detektierten Auffälligkeiten und Schäden (aufgegliedert nach einzelnen Baugruppen des Antriebsstranges) ausgewiesen:

Prüfmethode	Sichtprüfung und Stethoskop				Endoskopien				Schwingungsanalysen			
	Datensätze	Beobachtung	Warnung	Alarm	Gesamt	Beobachtung	Warnung	Alarm	Gesamt	Beobachtung	Warnung	Alarm
Datensätze	76				95				214			
Kategorien	Beobachtung	Warnung	Alarm	Gesamt	Beobachtung	Warnung	Alarm	Gesamt	Beobachtung	Warnung	Alarm	Gesamt
Rotorwelle	0,00%	1,00%	0,00%	1,00%					5,00%	3,00%	0,00%	8,00%
Hauptlager	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%					3,00%	0,00%	0,00%	3,00%
Getriebe allg.	9,00%	5,00%	0,00%	14,00%	1,00%	1,00%	3,00%	5,00%	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%
Planetenst. allg.	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,00%	3,00%	0,00%	9,00%
Planetenst. Lager	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	31,00%	9,00%	7,00%	47,00%	6,00%	2,00%	1,00%	9,00%
Planetenst. Verz.	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	28,00%	21,00%	11,00%	60,00%	32,00%	14,00%	1,00%	47,00%
Stirnradst. allg.	16,00%	3,00%	0,00%	19,00%	4,00%	1,00%	2,00%	7,00%	21,00%	4,00%	0,00%	25,00%
Lgs. Welle Lager	1,00%	0,00%	0,00%	1,00%	33,00%	8,00%	5,00%	46,00%	5,00%	1,00%	1,00%	7,00%
Lgs. Welle Verz.	25,00%	3,00%	0,00%	28,00%	23,00%	7,00%	3,00%	33,00%	6,00%	1,00%	0,00%	7,00%
Zwi-welle Lager	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,00%	7,00%	4,00%	33,00%	20,00%	7,00%	2,00%	29,00%
Zwi-welle Verz.	21,00%	3,00%	0,00%	24,00%	27,00%	8,00%	4,00%	39,00%	16,00%	1,00%	0,00%	17,00%
Schn. Welle Lager	8,00%	7,00%	0,00%	15,00%	38,00%	9,00%	13,00%	60,00%	30,00%	12,00%	8,00%	50,00%
Schn. Welle Verz.	29,00%	3,00%	0,00%	32,00%	22,00%	3,00%	4,00%	29,00%	23,00%	5,00%	1,00%	29,00%
Generatorwelle	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%					35,00%	10,00%	2,00%	47,00%
Generatorlager	14,00%	5,00%	0,00%	19,00%					28,00%	23,00%	20,00%	71,00%

Es sind insbesondere folgende Unterschiede in den Prüfergebnissen zu erkennen:

- Etwaige Schädigungen an Hauptwelle und Hauptlager werden derzeit nur durch die Schwingungsanalyse zuverlässig erkannt. Die Videoendoskopie findet hier so gut wie keine Anwendung und das Abhören mit dem Stethoskop bringt keine Ergebnisse.
- Etwaige Schädigungen an den Planetenlagern werden nur durch die Videoendoskopie zuverlässig erkannt. Die Schwingungsanalyse erkennt Schäden an Planetenlagern nur in geringerem Maße.
- Je schneller ein Lager dreht, desto besser detektiert die Schwingungsanalyse die vorhandenen Schädigungen. Bei den Lagern der schnellen Welle liegt die Zahl der detektierten Schäden durch Videoendoskopie oder Schwingungsanalyse in ähnlicher Größenordnung.
- Kommen nur Sichtprüfung und Stethoskop zum Einsatz, werden erheblich weniger Schäden detektiert. Insbesondere eine Einsortierung der Schäden in die Kategorie Alarm ist mangels objektiver Kriterien nicht möglich.
- Etwaige Schädigungen am Generator werden derzeit nur durch die Schwingungsanalyse zuverlässig erkannt. Die Videoendoskopie findet hier keine Anwendung und das Abhören mit dem Stethoskop bringt keine quantitativen und zuverlässigen Ergebnisse.

Videoendoskopie und Schwingungsanalyse

Soll der gesamte Zustand des Antriebsstranges zuverlässig diagnostiziert werden, sollten sowohl die Videoendoskopie als auch die Schwingungsanalyse als Prüfmethode angewendet werden. Die größten Vorteile der Videoendoskopie liegen im Bereich der Planetenstufe und langsam laufender Lager im Getriebe; die größten Vorteile der Schwingungsana-

lyse bei der Zustandserfassung des gesamten Antriebsstranges (Hauptlager-Getriebe-Generator). Beide Prüfungen in Kombination liefern sowohl visuelle als auch quantifizierbare Prüfergebnisse für das Hauptgetriebe und steigern die Interpretationsmöglichkeiten zum Schädigungsmaß dieses Bauteils.

Die Sicht- und Funktionsprüfung sollte als zusätzliches Prüfmodul zusammen mit einer der oben genannten Methoden eingesetzt werden, denn der zusätzliche subjektive Eindruck des Prüfers kann ohne viel Mehraufwand entscheidende Zusatzinformationen für die objektive Bewertung der Bauteilschädigung liefern.



Jürgen Holzmüller



Jochen Ziehmman

Zu den Autoren:

Seit 1995 wurden von Sachverständigen der 8.2-Gruppe über 7.500 Prüfungen weltweit durchgeführt (Stand September 2005). Heute zählt die 8.2-Gruppe elf Büros mit 13 Sachverständigen und 19 Mitarbeitern. Zu den Leistungen gehören unter anderem Technische Prüfung, Rotorblattprüfung, Schwingungsanalyse, Videoendoskopie, Wertgutachten und Betriebsoptimierung. Kontakt: juergen.holzmueeller@8p2.de