

Berührungsfreie Schwingungsdiagnostik an Windkraftanlagen



Anwendungsgebiete

- A Luft- und Raumfahrt
- B Audio & Akustik
- C Automobilentwicklung
- D Datenspeicher
- G Vibrometrie Allgemein**
- M Mikrostrukturen/-systeme
- P Fertigungsprüfung
- S Wissenschaft & Medizin
- T Strukturuntersuchungen
- U Ultraschalltechnik

Die Auslegung von Windkraftanlagen muss hohen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der Komponenten genügen. Im Betrieb werden durch die Windeinwirkung Schwingungen angeregt, die bei größeren Anlagen zu Auslenkungen des Turms und der Rotorblätter bis zu 1 m führen können, bei typischen Eigenfrequenzen von einigen Hz.

Die Motivation, diese Schwingungen im Betrieb zu messen, besteht einerseits darin, die bei der Konstruktion eingesetzten Simulationsmodelle zu prüfen und zu optimieren, andererseits einen fehlerfreien Betrieb sicherzustellen, indem Materialbelastungen und -ermüdungen rechtzeitig erkannt werden. Eine solche vorbeugende Instandhaltung (Condition Monitoring) wird oft mithilfe von Sensoren durchgeführt, die an verschiedenen Stellen des Triebstrangs platziert werden und beispielsweise Aufschluss über Lagerschäden in der Kraftübertragung geben können. Auf den Rotorblättern ist die Messung von Schwingungen mit kontaktierenden Sensoren, vor allem während des Betriebs, nur über aufwendige Telemetriesysteme möglich. Optische Messverfahren, wie beispielsweise die Laservibrometrie, sind berührungsfrei und bieten außerdem den Vorteil, dass aus großen Abständen und im Idealfall ohne Präparation des Messpunkts gemessen werden kann. In der vorliegenden Untersuchung sollte daher im Rahmen eines Projekts zur Erforschung sensorgestützter Betriebsüberwachungssysteme die Eignung von Laservibrometern zur berührungsfreien

Schwingungs-Ferndiagnostik an Windkraftanlagen geprüft werden. Das Forschungsnetzwerk CEwind, in dem die Aktivitäten einer ganzen Reihe von Hochschulen gebündelt werden, verfolgt mit solchen wissenschaftlichen Arbeiten das Ziel, grundlegende Fragestellungen zukünftiger Windenergieanlagen, Windenergieparks und der dazugehörigen Infrastruktur zu bearbeiten.

Experimenteller Aufbau und Fragestellung

Bei der hier untersuchten Windkraftanlage handelt es sich um eine E-30 des Herstellers Enercon mit einer Nennleistung von 300 kW und einer Nabenhöhe von 50 m. Verschiedene Vibrometersysteme standen für die Messungen am Turmschaft, an der Nabe und an den Rotorblättern aus großem Abstand zur Verfügung. Im Experiment sollten neben den Eigenfrequenzen das Signal-Rausch-Verhältnis sowie Übertragungsfunktionen für unpräparierte bzw. mit Reflexfolie präparierte Oberflächen bestimmt werden. Ein Rotorflügel sowie die Nabe wurden dazu im Vorfeld an definierten Stellen mit Reflexfolie beklebt (Bild 1).

Polytec GmbH
Optische Messsysteme
Applikationsnote
VIB-G-10
November 2008



Bild 1: Laserpunkte auf den Reflexfolien am Rotorblatt

Für Detail- und Referenzmessungen stand ein OFV-505 Einpunkt-Vibrometer bereit, der dazugehörige OFV-5000 Vibrometer Controller war mit einem hochauflösenden digitalen VD-09 Geschwindigkeits-decoder ausgerüstet. Weitere Messpunkte wurden mit einem PSV-400 Scanning Vibrometer erfasst. Die Scannerspiegel ermöglichten dabei ein bequemes Anfahren der Messorte und mithilfe des integrierten Geometrie-Scanners konnten die Koordinaten automatisch bestimmt werden.

Ergebnisse

Die präparierten Oberflächen gewährleisteten auch bei großen Messabständen ein exzellentes Signal-Rauschverhältnis, so dass Messungen selbst bei Entfernungen bis 90 m leicht realisierbar sind. Die ersten Eigenfrequenzen liegen bei 0,47 Hz für den Turm und bei 1,85 Hz für das Rotorblatt. Ohne Mittelung lassen sich noch Oberfrequenzen bis ca. 50 Hz bestimmen. Auf den nicht präparierten Flächen sind gute Messungen ebenfalls möglich, wenn dazu der OFV-505 Messkopf in Verbindung mit einer SLR Super Long Range Linse verwendet und die

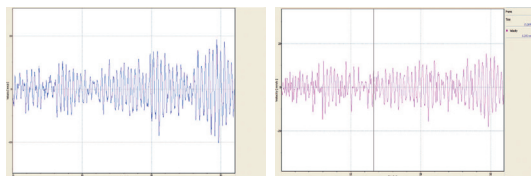


Bild 2: Zeitverlauf der Schwingungsgeschwindigkeit am Rotorblatt; Links: PSV-400 mit Reflexfolie; Rechts: OFV-505 ohne Reflexfolie, mit SLR-Linse, nach Tiefpass-Filterung (5 Hz)

Quelle: InFocus – Magazin für Optische Messsysteme, Ausgabe 2/2008 – ISSN 1864-9181.

Wir bedanken uns bei Prof. Dr.-Ing. Ernst Reimers und Dipl.-Ing. Harald Wiegers vom Institut für Werkstoffe und Konstruktion der Fachhochschule Flensburg.

Weitere Informationen zu Polytec-Vibrometern finden Sie auf unserer Website, oder lassen Sie sich durch unsere Produktspezialisten beraten: **LM@polytec.de**.

Messwerte mit einem Tiefpassfilter auf <5 Hz eingeschränkt werden (Bild 2).

Um den Messfleck ohne Reflexfolie aus der Entfernung finden und verfolgen zu können, empfehlen sich optische Hilfsmittel, beispielsweise ein Fernrohr mit optischem Schmalbandfilter.

Zur Bestimmung der Übertragungsfunktionen wurden Messungen mit mehreren Vibrometern zeitgleich sowohl an einer ortsfesten Referenzposition als auch auf variablen Punkten auf dem Rotorblatt durchgeführt. Die Messungen ergeben Rauschpegel bei 4 mHz Auflösung von $1 \mu\text{m/s}$ für das Geschwindigkeitssignal bzw. $0,1 \mu\text{m}$ für das Wegsignal, sowie Wegamplituden bis 8 mm, bei einer Windstärke von 3–4 während der Messung.

Erste Versuche, auch im Betriebszustand bei drehendem Rotor zu messen, verliefen ebenfalls positiv. Die Schwingungen überlagern sich dabei mit der infolge der Rotordrehung auftretenden Periodizität zu einem komplexen Zeitsignal (Bild 3, links). Nach einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) des Signals und Anwendung eines Tiefpassfilters ist dennoch die erste Eigenfrequenz des Turms bei 0,47 Hz klar zu erkennen (Bild 3, rechts). Um auch das Rotorblatt im Betriebszustand erfassen zu können, müsste mehr in Nabennähe gemessen werden. Dort ist das Tastverhältnis für die Verweildauer des Laserspots auf dem Rotorblatt günstiger. Mithilfe einer zeitaufgelösten FFT könnten dann Turm- und Rotorschwingungen voneinander getrennt werden.

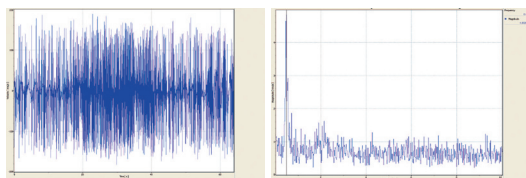


Bild 3: Messung im Betriebszustand, Zeitsignal (links) und Frequenzspektrum nach FFT und Tiefpass-Filterung (rechts)

Zusammenfassung und Ausblick

Laservibrometer sind ein leistungsfähiges Werkzeug zur berührungsfreien Schwingungsdiagnostik auch über größere Entfernungen, beispielsweise an Windkraftanlagen. Die Messungen sind bequem vom Boden aus möglich, bei entsprechender Ausrüstung der Messtechnik und geeigneten Messanordnungen auch ohne das Anbringen von Reflexfolien und während des laufenden Betriebs.

Polytec GmbH
Polytec-Platz 1-7
76337 Waldbronn
Tel. + 49 (0) 7243 604-0
Fax + 49 (0) 7243 69944
info@polytec.de

Polytec GmbH
Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. + 49 (0) 30 6392-5140
Fax + 49 (0) 30 6392-5141