



In diesem Gehäuse ist die Elektronik verbaut, die die Magnetfeldänderungen des Magnetfelds in sichtbare und damit nutzbare elektrische Signale umwandelt.

# Optimieren Wartungszyklen

## Drehmomentsensoren steigern obendrein die Effizienz von Windkraftanlagen

Von den Rotoren über das Getriebe in den Generator – auf diesem Weg wird bei den meisten Windkraftanlagen die Leistung übertragen. Dass dabei das Getriebe eine besonders sensible Komponente darstellt, ist bekannt. Die darauf wirkenden Lastkollektive führen regelmäßig zu Verschleiß und Schäden an Zahnrädern und Lagern. NCTE-Drehmomentsensoren optimieren die Wartungszyklen deutlich.

Sensoren, die derzeit an diesen neuralgischen Stellen im Einsatz sind, dienen vorrangig der Schadenserkenntnis, lassen aber kaum eine zielgerichtete, präventive Wartung zu. Wird eine Komponente jedoch zu früh oder zu spät ausgetauscht, kann das schnell teuer werden. Durch die Implementierung von NCTE-Drehmomentsensoren lassen sich die Wartungszyklen deutlich optimieren. Ermittelt man nach einer gewissen Zahl und Intensität an Lastzyklen den aktuellen Verschleiß einer Komponente, lässt sich daraus die Restlaufzeit des Bauteils exakt errechnen, statt sie wie bisher zu schätzen. Wartungsumfänge und Wartungszeitpunkte können genau an den Bedarf angepasst werden, Schäden lassen sich verhindern.

Ein weiterer Vorteil der Drehmomentsensoren: Ihre Daten geben Aufschluss über die Effizienz des Systems im jeweiligen Lastzustand. Über ein entsprechendes Monitoring erkennen die Betreiber von Windkraftanlagen, wie sie den Antriebsstrang optimieren und somit die Effizienz ihrer Anlagen steigern können.

Das Besondere an den NCTE-Drehmomentsensoren ist, dass sie auf Basis von Magnetostriktion arbeiten. Um ganz genau zu

sein: Die NCTE-Technologie basiert auf dem inversen magnetostruktiven Effekt. Dabei wird ein langzeitstabiles Magnetfeld in die Welle eingebracht. Dann misst man die Änderung des Magnetfelds bei Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Körpers, etwa wenn Kraft auf den Körper einwirkt beziehungsweise – in diesem Fall – wenn sich das einwirkende Drehmoment ändert. Die Veränderung des Magnetfeldes verläuft linear zum anliegenden Drehmoment.

### Der magnetisierte Teil der Welle

Das Verfahren von NCTE ermöglicht es, die magnetische Domäne im Bereich einer ferromagnetischen Welle derart auszurichten, dass unter der Wellenoberfläche ein Magnetfeld mit einzigartigen und nutzbaren Eigenschaften entsteht. NCTE arbeitet mit einem speziell entwickelten, patentrechtlich geschützten Strompuls-Verfahren, welches die magnetische Domäne in die gewünschte Richtung bringt. Hierzu wird der Teilbereich der Welle, der als Sensor dienen soll, mit applikationsspezifisch angepassten Werkzeugen kontaktiert. Danach werden hohe Ströme in bestimmten Frequenzmustern

über die Kontakte der Werkzeuge in die Welle geleitet. Dieses Vorgehen verlieh dem Prozess den Namen PCME-Magnetisierung (Puls Current Magnetic Encoding). Der Prozess durchläuft mehrere, sich gegebenenfalls wiederholende Stufen – bis schließlich das erzeugte Magnetfeld die gewünschten Eigenschaften hat und die festgelegten Genauigkeitsanforderungen erfüllt. Um sich später durch Differentialmessung gegen externe Magnetfelder schützen zu können, werden zwei Magnetfelder in gegenläufiger Richtung erzeugt. Da der magnetisch kodierte Bereich relevant für das Messergebnis und damit integraler Bestandteil des Sensorsystems ist, wird er als Primärsensor bezeichnet.

Die auf die Welle einwirkende Kraft oder das anliegende Drehmoment rufen proportionale Lageverschiebungen hervor. Diese werden mit Hilfe hochauflösender Magnetfeld-Spulen in einer Entfernung von bis zu einem Millimeter Abstand zur Welle detektiert. Damit kann der Sensor berührungslos arbeiten.

Aus Gründen der Differentialmessung handelt es sich mindestens um ein Spulen-Paar, wobei jede Spule eines Spulenpaars jeweils eines der Magnetfelder unterschiedlicher Richtung detektiert. Je höher die Genauigkeitsanforderungen sind, desto mehr Spulenpaare (in der Regel bis zu vier) werden um den kodierten Bereich der Welle angeordnet. Die Spulen werden auf Spulenboards in einen Spulhalter vergossen und somit in fester Position zur Welle gehalten. Bei möglichen externen magnetischen Störfeldern wird der Spulhalter zusätzlich in ein Gehäusebauteil eingebaut, welches – über den Differentialmodus hinaus – als zusätzliche Abschirmung dient. Magnetfeldspulen, Spulhalter und Abschirmung bilden eine Einheit und werden zusammen als Sekundärsensor bezeichnet.

### Elektronik gibt die Signale aus

Die Elektronik des Sensorsystems wandelt die von den Magnetfeldspulen aufgenommenen Magnetfeldveränderungen der Welle in sichtbare und damit nutzbare elektrische Signale um. Nicht zwingend, aber wegen Bauraum- und Temperaturanforderungen oft üblich, wird sie meist in einiger Entfernung von der eigentlichen Messstelle platziert. Standard sind analoge Ausgangssignale (Spannungs- oder Stromausgang), andere Signalausgänge wie zum Beispiel Frequenzausgang oder Pulsweitenmodulations-Ausgang (PWM-Ausgang) sind jedoch jederzeit möglich.

Die Sensoren arbeiten mit sehr kleinen Magnetfeldstärken von 0,5 bis 0,7 Millitesla, was keine Ansammlung metallischer Partikel auf der Wellenoberfläche hervorruft. Zudem sind keine mechanischen Veränderungen der Struktur des Messobjekts, kein Überzug und keine mechanische Oberflächenbehandlung notwendig. Da PCME-Sensoren, anders als die bisher verwendeten Dehnungsmessstreifen, nicht verklebt werden, sind sie in ihren Messergebnissen wenig anfällig gegenüber Störfaktoren und liefern auch bei wechselnden Temperaturen, Vibrationen, Biegungen und Feuchtigkeit langzeitstabile Daten. Das Signal kann berührungslos in einem Abstand von bis zu einem Millimeter gemessen werden. Dabei ist es egal, ob das Messobjekt statisch ist, mit beliebiger Geschwindigkeit rotiert, oder sogar taumelt oder axial versetzt wird.

Die NCTE-Sensorik kann an verschiedenen Stellen ansetzen, um das anliegende Drehmoment zu messen. Zwischen Getriebe und Generator beispielsweise kommen Kupplungen mit integriertem Sensor zum Einsatz. Die sensorischen Kupplungen können bei bestehenden Windkraftanlagen problemlos die herkömmlichen Kupplungen



Die Drehmomentsensorik ist in einen Lagerdeckel eines Getriebes integriert. Somit kann sie Bauraum sparend im Getriebe eingesetzt werden.

ersetzen, so dass sich Anlagen ganz einfach nachrüsten lassen. Eine andere Variante ist, die Sensorik direkt im Lagerdeckel eines Getriebes zu applizieren. Wird ein Getriebe neu entwickelt, kann der Sensor gleich von vornherein dort integriert werden.

Somit ist inzwischen auch eine präventive Wartung von Getrieben möglich, sowohl bei bestehenden als auch bei neuen Windkraftanlagen; teure Schäden und Anlagenausfälle lassen sich reduzieren. Zudem lässt sich künftig der Antriebsstrang optimieren, indem der Betreiber der Anlage die Leistung sowohl am Getriebeingang als auch am Getriebeausgang misst und die Differenz, also den Verlust innerhalb des Getriebes, errechnet. Für eine Messung an der Getriebeeingangswelle, die einen Durchmesser von bis zu 1000 Millimetern aufweist, ist noch eine Weiterentwicklung der Technologie notwendig; ein entsprechendes Entwicklungsprojekt ist in Vorbereitung.

Die Ergebnisse eines Testlaufs in österreichischen Windkraftanlagen, bei dem eine sensorische Kupplung zum Einsatz kommt, die das Drehmoment vor dem Generatoreingang misst, sind jedoch mehr als zufriedenstellend: „Das Projekt läuft seit einem Jahr, und es zeigt deutlich, welch großes Potenzial in unserer Technologie steckt. Für die geplante Energiewende ist dies ein wichtiger Schritt“, erklärt ein NCTE-Mitarbeiter.

**Autor**

Bernd von Löbbecke, NCTE, [www.ncte.de](http://www.ncte.de)



Diese Kupplung mit integriertem NCTE-Drehmomentsensor kommt in Windkraftanlagen zwischen Getriebe und Generator zum Einsatz.