



uptime
magazine

2.07

Renewable energy edition: Wind turbines 3 Hydropower station 13



Brüel & Kjær Vibro



3 Case Story #1

Erfolgreiche Ergebnisse der Fernüberwachung von Windturbinen

7 Technical Focus #1

Die kostengünstige Überwachung von Windturbinen mithilfe eines externen Überwachungszentrums

13 Case Story # 2

Integrierte Vibrations- und Prozessüberwachung im Wasserkraftwerk HPP Momina Klisura

19 Produktaktualisierung



Brüel & Kjær Vibro

Das Uptime Magazin ist ein Mitteilungsblatt, das von Brüel & Kjær Vibro veröffentlicht wird, um Sie bei neuen Trends und Technologien der Maschinenüberwachung auf dem Laufenden zu halten

Diese Ausgabe von Uptime konzentriert sich auf Überwachungsanwendungen für erneuerbare Energien. Wenn Sie Bemerkungen machen möchten, Ideen oder Fallgeschichten kennen, setzen Sie sich mit uns in Verbindung!: Der Herausgeber, Uptime Magazine, Brüel & Kjær Vibro, DK-2850 Naerum, Denmark. Tel.: +45 7741 2500 Fax: +45 4580 2937 E-mail: info@bkvibro.com

Copyright 2007, alle Rechte vorbehalten Managing Editor: Torben Ekvall Teilnehmende Editoren: Mike Hastings, Carsten Andersson, Steen Knudsen and Alfred Schübl. Design&Production: Gitte Blå Design

Zustandsüberwachung im Bereich erneuerbarer Energien

Klimaveränderungen, hohe Ölpreise und Abhängigkeit von ausländischem Öl sind die starken Antriebskräfte des wachsenden Marktes erneuerbarer Energien, bei denen wir uns der Herausforderung einer Überwachung gestellt haben, nämlich Windturbinen und Wasserkraftanlagen. Die Nachfrage nach Windenergie wächst schneller, als dem die Maschinenhersteller gerecht werden können. Die Erfahrung mit dem Betrieb dieser Maschinen steckt noch in den Kinderschuhen, und ständig werden neue und größere Einheiten zur Energieerzeugung gebaut, um die Nachfrage zu decken. Eine Windfarm ist normalerweise abseits gelegen und für Wartungsarbeiten und die Überwachung schwer zugänglich. Aufgrund der sich ständig ändernden Betriebsbedingungen, niedriger Drehzahlen, eines komplexen Getriebeaufbaus und eines nicht starren Fundaments hat die Windturbine darüber hinaus ein sehr komplexes Vibrationsmuster. Herkömmliche Überwachungssysteme sind nicht in der Lage, sich diesen spezifischen Bedingungen anzupassen, und rufen entweder zahlreiche Fehlalarme oder überhaupt keine Alarmzustände hervor, wenn sie vorliegen sollten. Das Konzept einer dedizierten Fernüberwachung für die Windturbinenanwendung wird benötigt, um dies zu berücksichtigen. Die Firma Brüel & Kjær Vibro hat ein solches dediziertes System entwickelt und bietet eine Lösung an, die bei allen Windturbinenanwendungen eingesetzt werden kann.

Die Wasserkraft leistet nicht nur den größten Einzelbeitrag zu erneuerbarer Elektrizität in Welt, sondern ist auch im Vergleich zu allen anderen Kraftwerken einschließlich Kernkraftwerken eine der billigsten Energiequellen. Anders als eine Windfarm verfügt eine Wasserkraftanlage jedoch über relativ große Energieerzeugungseinheiten, die jeweils mehrere Hundert MW produzieren können. Wenn eine der Einheiten ausfällt, kann eine große Zahl von Benutzern davon betroffen sein. Die Firma Brüel & Kjær Vibro arbeitet eng mit Kunden zusammen, um ihre Überwachungslösungen zu optimieren und damit Stillstandszeiten zu vermeiden und Wartungskosten zu senken. Die Überwachungslösungen von Brüel & Kjær Vibro sowohl für Windturbinen als auch für Wasserkraftanlagen sind in dieser Ausgabe von Uptime beschrieben, die erneuerbaren Energien gewidmet ist! Viel Spaß beim Lesen!



Alfred Schübl

*Hydro Monitoring
Sales Manager*



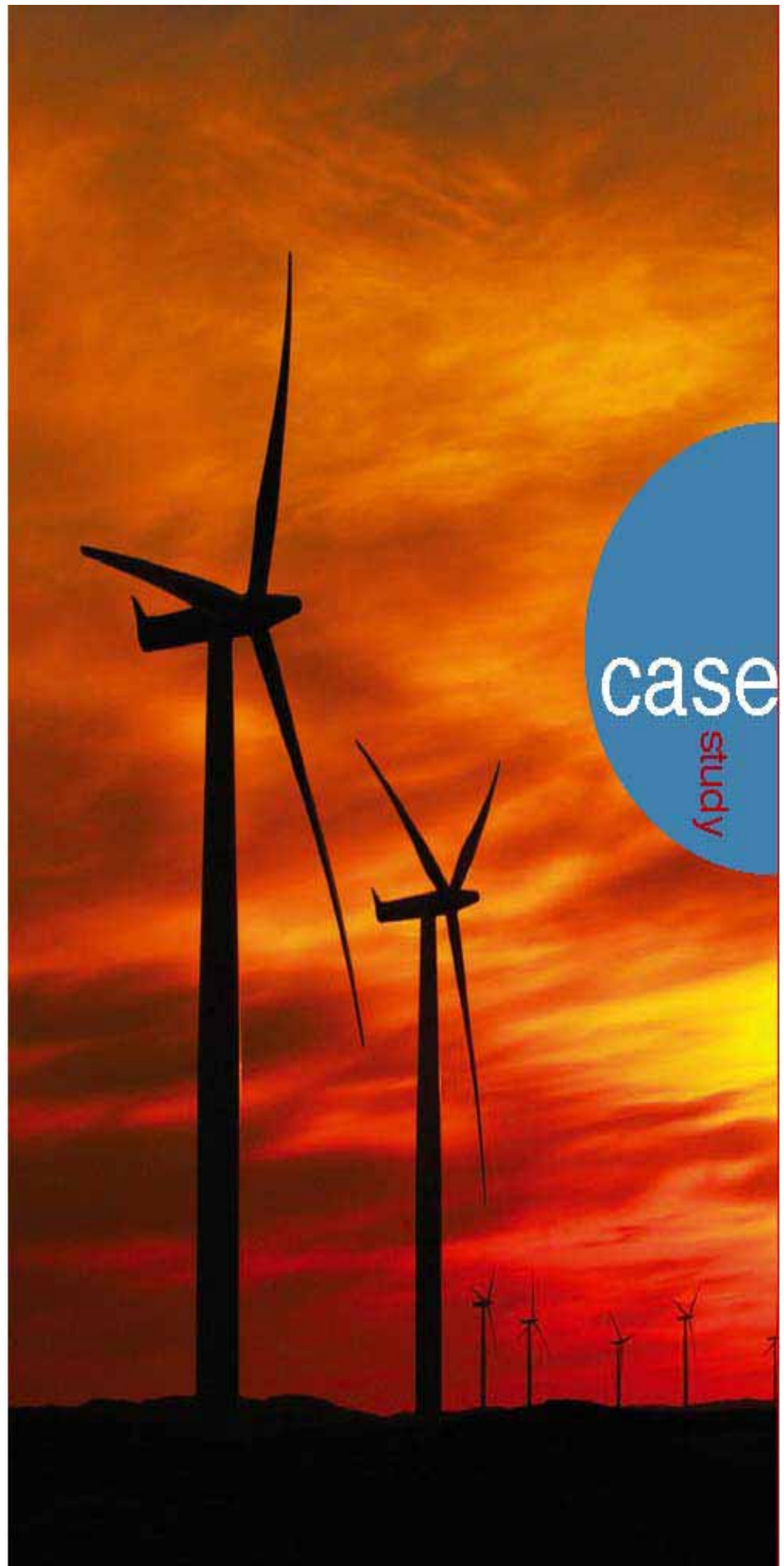
Steen Knudsen

*Wind Turbine
Monitoring Sales
Manager*

Erfolgreiche Ergebnisse der Fernüberwachung von Windturbinen

Vier Fallstudien beweisen, wie eine wirkungsvolle Strategie der Fernüberwachung von Betriebszuständen kosten intensive Stillstandszeiten und Folgeschäden vermeidet

Das Überwachungszentrum von Brüel & Kjær Vibro hat im Lauf der letzten vier Jahre mehrere hundert Windturbinen fernüberwacht. Während dieser Zeit wurde eine Reihe von diagnostizierten Fehlern bei Windturbinen dokumentiert. Vier dieser Fallstudien sind in diesem Artikel auf der Grundlage der tatsächlichen Alarmberichte beschrieben, die für einen unserer Kunden erstellt wurden. In jedem Fall wurden die Stillstandszeiten der Maschinen auf ein Minimum reduziert und die Reparaturkosten gesenkt, denn die frühzeitige Störungserkennung und Störungsdiagnose hat es verhindert, dass es zu einem katastrophalen Ausfall gekommen ist, der zu umfangreichen Folgeschäden hätte führen können. Das in diesen vier Fallstudien eingesetzte Konzept einer Fernüberwachung ist in dem Artikel auf Seite 7 beschrieben. Die für die vier verschiedenen Windturbinen eingesetzte Überwachungsstrategie umfasst mehr als hundert skalare Vibrations- und Prozessparameter, die automatisch in Verbindung mit einer detaillierten Signalanalyse der erfassten Zeitsignale überwacht werden.



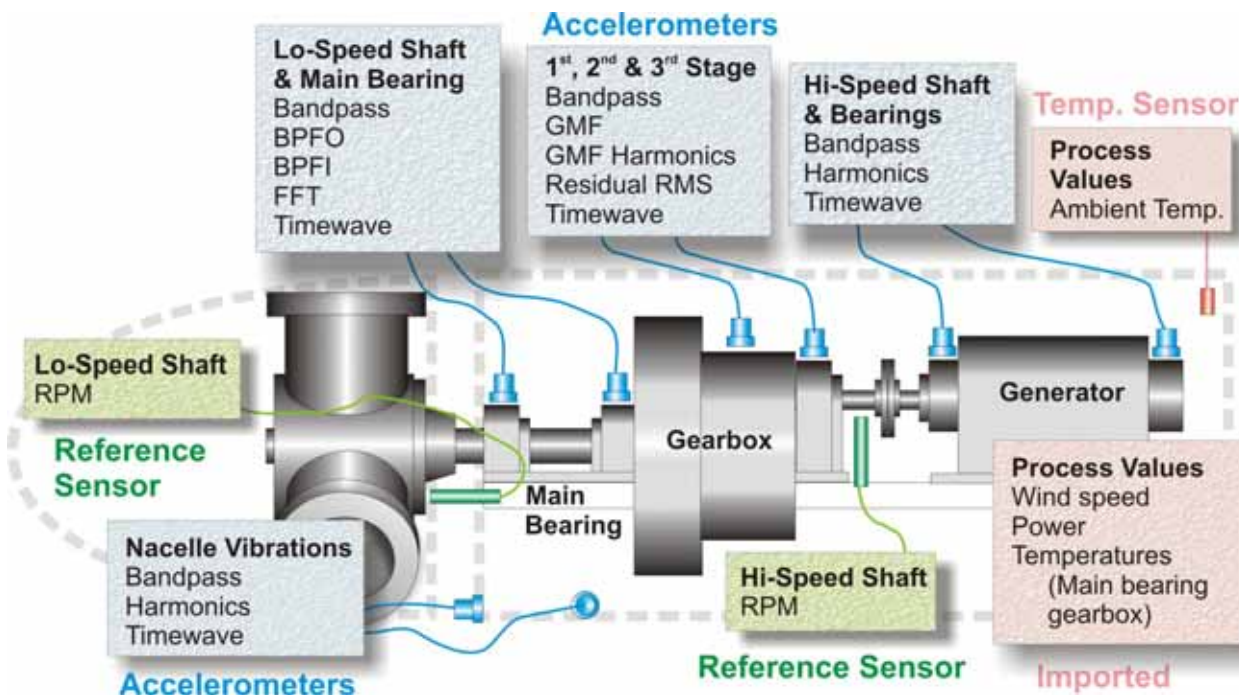


Abbildung 1
Typen und Lage
von Sensoren auf
einer typischen
Windturbinen-
anlage

Die kritischen Bereiche, die bei einer Windturbinen zu überwachen sind, sind auf Abbildung 1 dargestellt. Die Überwachung von Windturbinen mit einer adaptiven Überwachungsstrategie ist für eine zuverlässige, frühzeitige Fehlererkennung absolut unerlässlich. Anders als ein Grundlastkraftwerk unterliegt eine Windturbinen einer Vielzahl von Belastungen bei verschiedenen Windverhältnissen.

Um zwischen einer Änderung der Amplitude des Vibrations- und Prozesssignals, die auf eine Änderung der Betriebsbedingungen zurückzuführen ist, und derjenigen zu unterscheiden, die von einem sich entwickelnden Fehler hervorgerufen wird, muss eine adaptive Überwachungsstrategie wie etwa die Verwendung von Leistungsklassen eingesetzt werden.

Abbildung 2 enthält ein Beispiel für eine Vibrationsänderung, die auf eine andere Generatorzahl zurückzuführen ist. Das Konzept von Leistungsklassen ist im Artikel Technischer Schwerpunkt auf den Seiten 9 und 10 detaillierter beschrieben

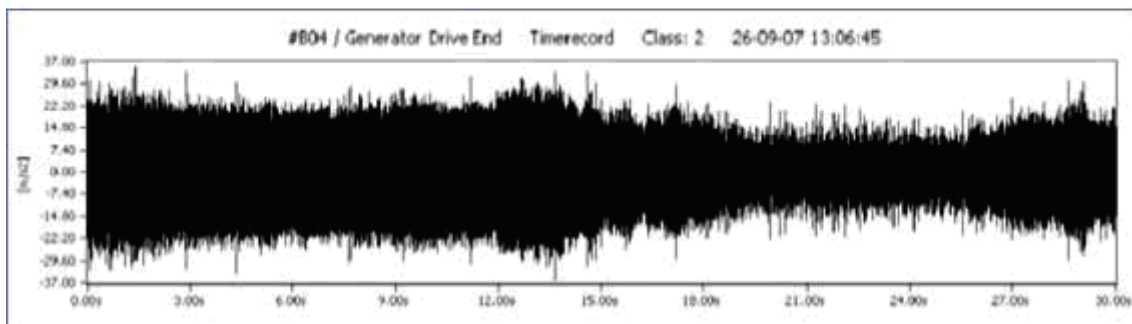
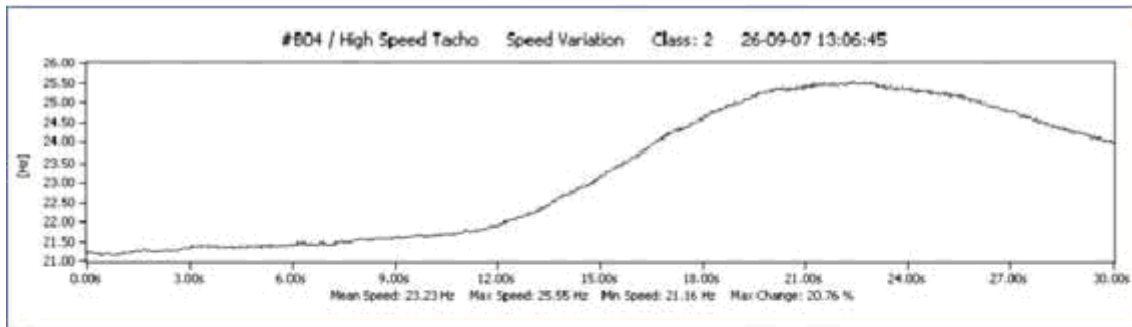


Abbildung 2: Die obere Grafik zeigt die Änderung der Drehzahl um etwa 20 % über einen Zeitraum von dreißig Sekunden. Das untere Zeitsignal zeigt zum Vergleich die entsprechende Reaktion der Vibration des Lagers auf der Antriebsseite des Generators. Für eine wirkungsvolle Überwachung wird unter diesen Umständen eine adaptive Überwachungsstrategie benötigt.

Defektes Getriebe einer Windturbine

Feststellungen

Die Frequenz (erster Ordnung) des Zahnradengriffs der zweiten Stufe des Getriebes überschreitet den Alarmgrenzwert.



Interpretation

Eine detaillierte Analyse zeigt Seitenbänder um die Frequenzen erster und zweiter Ordnung des Zahnradengriffs der zweiten Stufe des Getriebes, die eine Störung des Getriebes bestätigen.

Ratschlag / Maßnahme

Das Getriebe sollte einer Sichtkontrolle unterzogen werden, sobald dies machbar ist; dabei ist dem Zustand der Zähne der zweiten Stufe besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die Befestigungsschrauben und die Stützkonstruktion des Getriebes sollten ebenfalls kontrolliert werden.

Feedback nach der Wartung

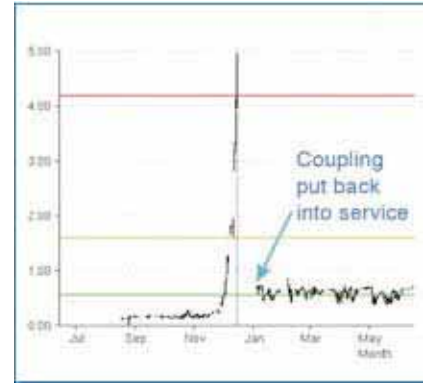
Das Foto zeigt die Metallspäne im Ölfilter, die von der beschädigten zweiten Stufe des Getriebes stammen. Ein neues Getriebe wurde installiert. Das beschädigte Getriebe bedurfte nur eines minimalen Reparatur, denn ein katastrophaler Ausfall wurde vermieden. Das obige Trenddiagramm zeigt den Verlauf der Frequenz des Zahnradengriffs vor und nach der Wartung des Getriebes.



Kupplungsdefekt

Feststellungen

Ein rascher Anstieg der BMS-Vibrationsgröße erster Ordnung mit Überschreitung des Gefahrenalarmgrenzwertes. Die anderen Messungen deuten darauf hin, dass keine Unwucht des Rotors und keine Störungen der Lager vorlagen.



Interpretation

Der rasche Anstieg der Größe erster Ordnung auf der Abtriebsseite des Generators weist auf eine Änderung der Steifigkeit des Lagers oder der Kupplung hin, möglicherweise aufgrund von losen Befestigungsschrauben oder strukturellen Komponenten.

Ratschlag / Maßnahme

Kontrolle von Rotor, Lager und Kupplung des Generators auf mögliche lose Komponenten.

Feedback nach der Wartung

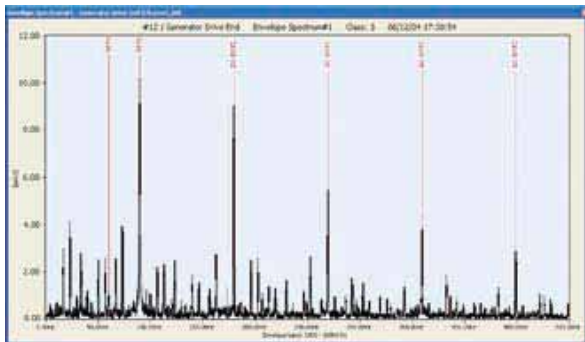
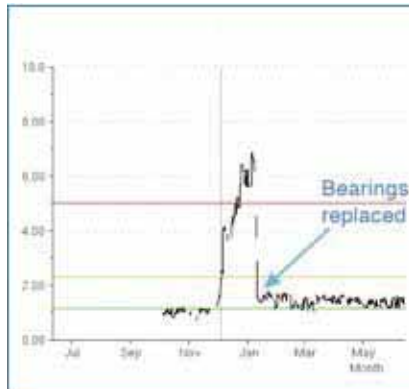
Die Fotos zeigen die abgescherten Kupplungsglieder. Das obige Trenddiagramm zeigt den Vibrationsverlauf der ersten Größenordnung sowohl vor als auch nach der Wartung der Kupplung.



Defektes Lager auf der Antriebsseite des Generators

Feststellungen

Die Messung des Lagerzustands auf der Antriebsseite des Generators überschreitet die Gefahrgrenzwerte.



Interpretation

Eine weitere Analyse mithilfe eines Hüllkurvendiagramms bestätigt einen Defekt des Innenrings des Lagers. Dies ist in typischer Weise durch eine Reihe von Oberwellen der Störfrequenz des Innenrings des Lagers gekennzeichnet.

Ratschlag / Maßnahme

Das Lager sollte sobald wie möglich untersucht werden und, falls notwendig ersetzt werden.

Feedback nach der Wartung

Die Fotos zeigen den beschädigten Innenring.



Defekte Aufhängung des Getriebes

Feststellungen

Schneller Anstieg des Gesamt vibrationswerts im Getriebe der zweiten Stufe über den Gefahrenpegel hinaus in der Leistungsklasse 5 (>1200 kW), allmählicher Anstieg, aber unter dem Warnpegel in Leistungsklasse 4. Die anderen Messungen wiesen darauf hin, dass kein Problem in den Zahnradern selbst vorlag.



Interpretation

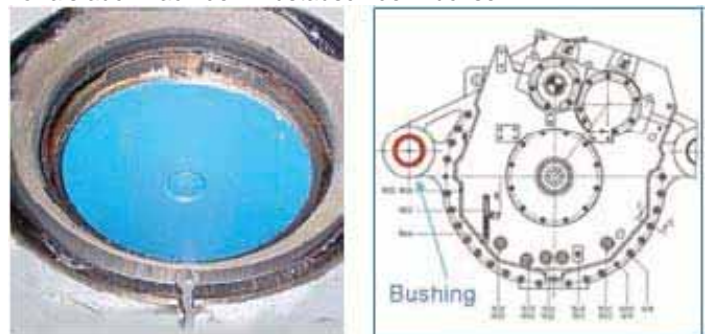
Der schnelle Anstieg des Gesamt vibrationswerts im Getriebe der zweiten Stufe weist auf eine Verschlechterung des Zustands der Halterungen des Getriebes oder ihre Lockerung hin. Da dies nur in der höchsten Leistungsklasse auftritt, könnte es eine mögliche Strukturresonanz aufgrund einer herabgesetzten strukturellen Steifigkeit geben, die auf eine Lockerung der Haltekonstruktion zurückzuführen ist.

Ratschlag / Maßnahme

Das Getriebe sollte sofort auf Probleme mit der Befestigung oder eventueller Lockerung überprüft werden. Es sollte auch einer Sichtkontrolle auf sich drehende Teile unterzogen werden, die sich möglicherweise berühren.

Feedback nach der Wartung

Das Foto zeigt die gerissene Gummibuchse auf dem Tragelement (die Zeichnung auf der rechten Seite zeigt die Lage der Buchse am Getriebe). Das obige Trenddiagramm zeigt den Verlauf sowohl vor als auch nach dem Austausch der Buchse.



Kostengünstige Überwachung von Windturbinen mithilfe eines externen Überwachungszentrums

Dieser Artikel stellt ein Beispiel in der Windturbinenindustrie vor, wie ein kostengünstiges Überwachungssystem in Verbindung mit einem externen Überwachungs- und Diagnosezentrum die Lücke zwischen dem Erreichen einer längeren verfügbaren Betriebszeit und niedrige Investitionskosten schließt. Es handelt sich um den zweiten Teil des technischen Artikels in der letzten Ausgabe von Uptime mit dem Titel „Das Konzept der Fernüberwachung und – diagnose“.

Maschinen zuverlässig in Betrieb zu halten ist heute wichtiger als je zuvor. Den Forderungen nach einer schnellen, zuverlässigen Lieferung, einer flexiblen Produktion und zunehmender Produktqualität stehen eine industrieweite Senkung von Wartungsbudgets, ein Personalabbau und ein Mangel an Fachleuten entgegen. Dies führt zu einem bedeutenden Verlust an Wissen und Erfahrung im Bereich der Zustandsüberwachung an Ort und Stelle. Trotzdem müssen Betreiber dafür sorgen, dass zunehmend beanspruchte Maschinen länger und mit einer höheren Ausgangsleistung laufen. Es herrscht Übereinstimmung, dass eine prognostische Überwachungsstrategie am ehesten die Erwartungen erfüllt, die verfügbare Betriebszeit von Maschinen zu verlängern. Dies bedarf sowohl eines geeigneten Zustandsüberwachungssystems als auch qualifizierter Fachleute für die Diagnose. Wie kann dies kostengünstig und mit einem begrenzten Fachwissen vor Ort geschehen?

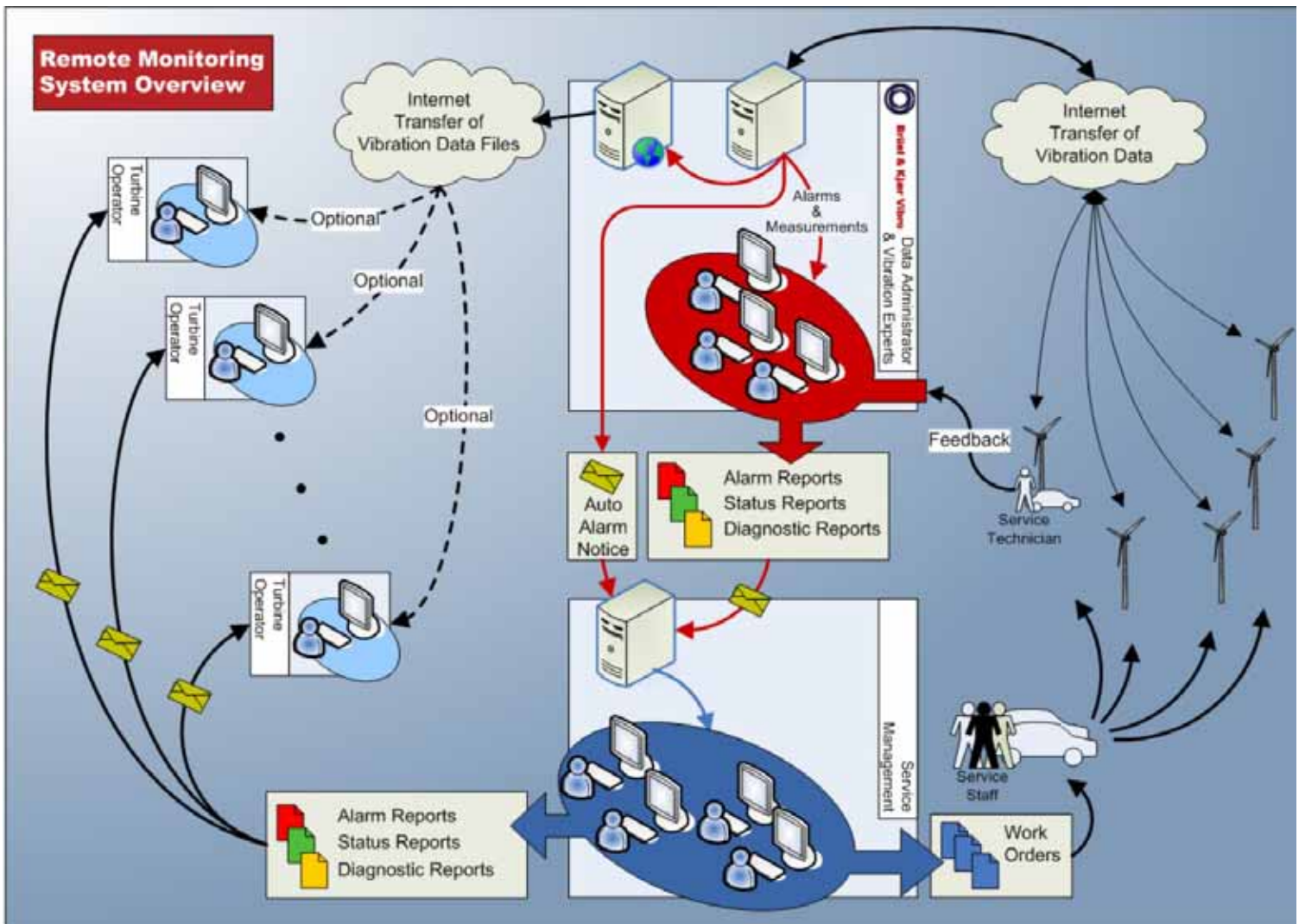
Anforderungen an die Überwachung von Windturbinen und ihre Herausforderungen
Die Firma Brüel & Kjær Vibro hat im Laufe

der Jahre mit Endbenutzern zusammengearbeitet, um kostengünstige Lösungen zu entwickeln und damit die Probleme eines begrenzten Fachwissens in der Diagnostik bei Kunden in einer Reihe von Industriezweigen anzusprechen. Dieser Artikel beschränkt sich auf eine Lösung, die in der Windturbinenindustrie eingesetzt wird.

Die Windkraftindustrie ist im Laufe der letzten paar Jahre schnell expandiert. Der Schwerpunkt lag auf einem wachsenden Markt für größere Windturbinenparks und der Entwicklung größerer Windturbinen. Die installierten Windturbinen sind hohen und schwankenden Belastungen sowie extremen Witterungsverhältnissen ausgesetzt, sie bedürfen daher einer besonderen Aufmerksamkeit in einem Wartungsprogramm. Eine normale Bewertung der Lebensdauer der Maschinen ist unter diesen Umständen nicht immer zutreffend. Die Überwachung des Vibrationszustands ist ein lebenswichtiges Werkzeug zur Planung

technical
focus





eines effektiven Wartungsprogramms. Ohne ein solches Programm kann die erforderliche Betriebszeit nur durch extrem kurze Reaktionszeiten und eine unverzügliche Reparatur oder Wartung erreicht werden, um die Probleme zu beheben. Die erfolgreiche Umsetzung einer solchen Methode ist schwierig, insbesondere im Falle von Offshore-Windparks, bei denen die Turbinen nur bei guten Witterungsverhältnissen erreicht werden können.

Die Zustandsüberwachung ist in der Windkraftindustrie relativ neu, und es gibt mehrere Herausforderungen, die es schwierig machen, ein „standardmäßiges“ Zustandsüberwachungssystem auf einer Windturbine zu verwenden:

- Schwankende Betriebsbedingungen
- Schwankende Drehzahlen

- Niedrige Drehzahlen
- Ein komplexes Getriebe (Planetenräder)
- Nicht starre Maschinenfundamente

Vor der Einrichtung eines Fernüberwachungszentrums für Windturbinen mussten Arbeiten in beträchtlichem Umfang mit dem Turbinenhersteller durchgeführt werden, um die Maschinen und ihre Ausfallarten besser zu verstehen. Gleichzeitig mussten sowohl der Windturbinenhersteller als auch Brüel & Kjær eng mit den Normungs- und Zertifizierungsstellen zusammenarbeiten. Der Germanische Lloyd, eine der wenigen Zertifizierungsstellen für Windturbinen, hat das Konzept des Überwachungszentrums und das Zustandsüberwachungssystem für Windturbinen von Brüel & Kjær Vibro zertifiziert.

Abbildung 1 Fernüberwachung und -diagnose im Überwachungszentrum

Dieses Konzept wurde auch von den Maschinenversicherungen wie z.B. Allianz akzeptiert, was letztendlich zu niedrigeren Versicherungskosten für die Betreiber führt, die zertifizierte Fernüberwachungs- und -diagnosesysteme und die dort verbundenen entsprechenden Leistungen einsetzen. Die Fachleute im Brüel & Kjær Vibro Überwachungszentrum sind ISO-zertifiziert.

Das Fernüberwachungszentrum für Windturbinen

Die primären Elemente des Zentrums für Fernüberwachung und -diagnose, wie sie in Abbildung 1 dargestellt und in den folgenden Abschnitten erläutert werden, sind:

- Lokale Datenerfassungsgeräte in den Windturbinen
- Ferndiagnoseserver
- Fernüberwachung durch das Diagnose-Zentrum

- Servicegruppe des Endbenutzers und Windturbinenbetreiber

Datenerfassungssystem

Bei zahlreichen Industrieanlagen reicht ein einziges, betriebsweites und umfassendes autarkes Zustandsüberwachungssystem aus, um die Anforderungen an eine Überwachungsanlage zu entsprechen. Wenn für Analyse und Diagnose Hilfe von außen benötigt wird, können Fachleute damit beauftragt werden, dies aus der Ferne zu erledigen, indem sie Zugriff auf die Datenbank erhalten. Aber in Branchen wie zum Beispiel der Windturbinenindustrie, in denen es zahlreiche Maschinen gibt, die weit voneinander entfernt sind, würde sich ein umfassendes autarkes Zustandsüberwachungssystem aufgrund der Kosten verbieten. In einem solchen Fall ist es kostengünstiger, ein aufgeteiltes Überwachungssystem zu installieren. Dieses besteht aus einem internetfähigen Datenerfassungsgerät in jeder Turbine und einem einzigen, entfernt angeordneten zentralen Diagnoseserver. Auf die Datenerfassungsgeräte selbst greift der Endbenutzer nicht zu. Sie können daher als ein externer Teil des Diagnoseservers angesehen werden. Die Vorteile dieser Lösung sind niedrigere Systemkosten (weniger Hardware), weniger Platz, den das System einnimmt, keine IT-Investitionen und kein IT-Support des Kunden, die für einen eigenen Zustandsüberwachungsserver oder die entsprechende Datenbank benötigt würden. Ebenso ist keine Fachkenntnis für die Diagnostik beim Kunden notwendig.

Die Hauptfunktionen des Datenerfassungsgeräts sind die folgenden:

- Automatische Überwachung – Vibration, Prozessparameter und Originalsignale der Sensoren (Zeitsignale) werden in festen Zeitabständen automatisch überwacht und an den Diagnoseserver gesandt

Abbildung 2:
Beispiel von Betriebsbereichen
(Leistungsklassen)

- Vom Benutzer angeforderte Übertragung der Zeitsignale – Sie dienen einer detaillierten Frequenz- und Zeitsignalanalyse
- Automatische Ereignisaufzeichnung – Originalsignale der Sensoren (Zeitsignale) werden vor und nach einem vom Benutzer definierten Ereignis automatisch gespeichert, sodass das Diagnosezentrum eine weitere Analyse der Vibrationen durchführen kann, um entstehende Störungen zu erkennen

Das Datenerfassungsgerät muss in der Lage sein, widrigen Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel Temperaturen von – 40 bis +70 C, einer hohen Luftfeuchtigkeit und Salznebel sowie Stoß- und Vibrationsbelastungen zu widerstehen.

Ein GPRS-Modem oder ein LAN mit einer ausreichenden Bandbreite dienen dazu, die skalaren Daten und Originalsignale der Sensoren (Zeitsignale) über einen Webserver an den zentralen Diagnoseserver zu übertragen. Mehr als hundert Parameter, eingeteilt nach den Betriebsbedingungen, werden in jeder Windturbine überwacht.

Der zentrale Diagnoseserver

Die Fachleute im Überwachungszentrum verwenden den Diagnoseserver, um Analysen und Diagnosen der Rohdaten durchzuführen.

Sie weisen die Windturbinenbetreiber auf den Zustand der Windturbinen hin und empfehlen eventuelle Maßnahmen.

Die Hauptaufgabe des Diagnoseservers besteht darin:

- automatische „Rohdaten“, z.B. skalare Werte und Originalsignale der Sensoren (Zeitsignale) von mehreren Hundert Datenerfassungsgeräten in den Windturbinen zu übernehmen,
- automatisch Zustands- und Prozessdaten zu speichern,
- die Daten im Einklang mit den Betriebsbedingungen automatisch einzustufen,
- die Daten automatisch mit Alarmgrenzwerten zu vergleichen, ihnen Prioritäten zuzuweisen und einen Alarm auszulösen, wenn sie überschritten werden (Alarm Manager),
- Daten zur langfristigen Trendkontrolle automatisch in der Datenbank zu speichern,
- auf Anforderung des Benutzers hin Originalsignale der Sensoren (Zeitsignale) aufzunehmen,
- in regelmäßigen Abständen Zeitsignale der Vibrationssensoren aufzunehmen.

Windturbinen werden unter stark schwankenden Bedingungen betrieben, und infolgedessen schwankt auch das Vibrationsverhalten der Maschinenkomponenten. Eine Reihe von

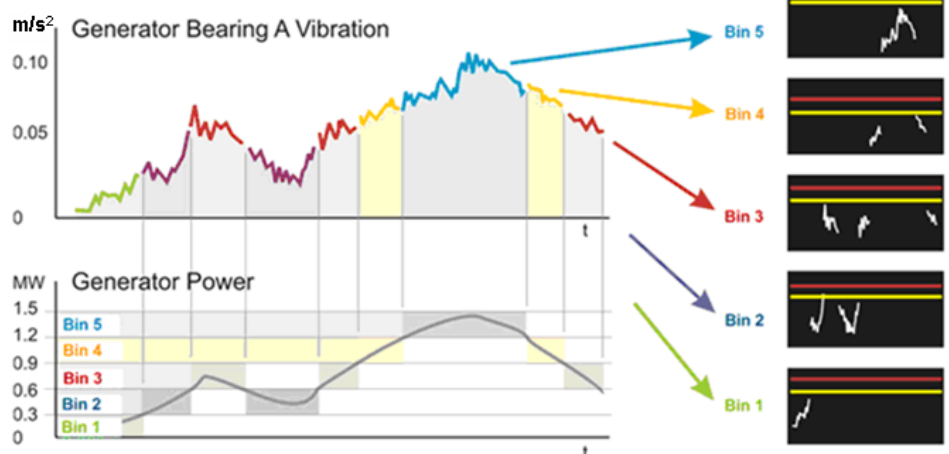
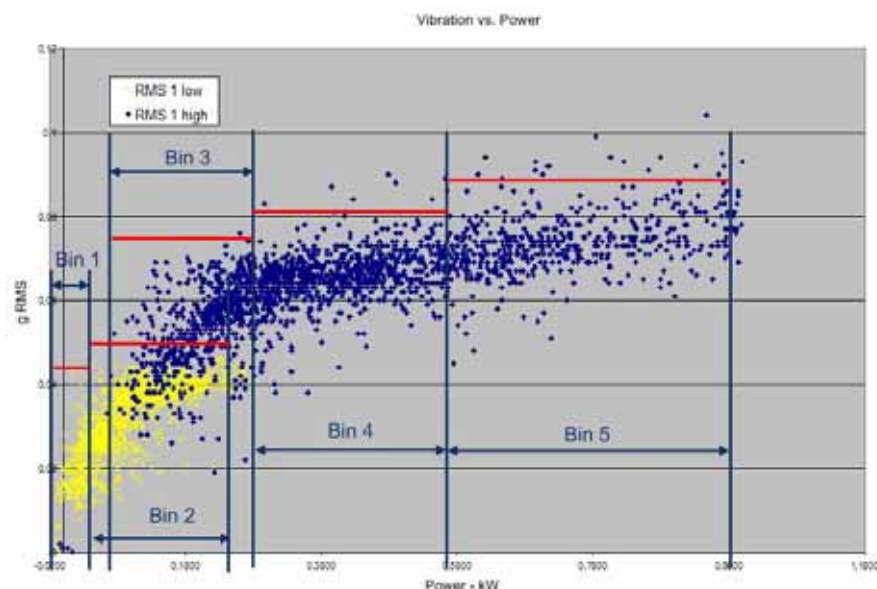


Abbildung 3: Ein anderes Beispiel wie Betriebsbereiche für aktuelle Windturbinendaten definiert werden. Die gelben und blauen Datenpunkte repräsentieren zwei unterschiedliche Betriebsmodi des Generators.

Leistungsklassen und ihre entsprechenden Alarmgrenzwerte wurden von Brüel & Kjær Vibro und dem Maschinenhersteller festgelegt, sodass sie einzeln überwacht und gespeichert werden können. Damit können Störungen in jedem Bereich automatisch erkannt werden, ohne Fehlalarme zu erzeugen. Dies ergibt auch einen „saubereren“ Trend, wenn der Ablauf der Störung grafisch dargestellt wird.

Der Alarm Manager ist eine wichtige Funktion im Diagnoseserver für Windturbinen. Mehr als hundert skalare Kennwerte werden für jede Turbine überwacht. Jeder dieser Werte wird in einem Betriebsbereich gespeichert, der die Betriebsbedingungen der Turbine widerspiegelt, als der Wert aufgezeichnet wurde. Jeder Betriebsbereich hat seine eigenen Alarmgrenzwerte, und daraus ergeben sich fünfhundert bis tausend Alarmgrenzwerte für jede Turbine. Der Diagnoseserver überwacht jeden der aufgezeichneten Werte genau und löst jedes Mal dann einen Alarm aus, wenn ein Alarmgrenzwert überschritten wird.



Das zusammengefasste Muster diese Alarme weist auf einen fortschreitenden mechanischen Fehler bei einer oder mehreren der Turbinenkomponenten hin. Das Programm Alarm Manager sucht in der Datenbank des Diagnoseservers nach hochauflösenden Alarmdaten, wie dies auf Abbildung 2 dargestellt ist. Alle eingehenden und früheren Alarme werden bewertet und zu einer einzigen Alarmmeldung für jeden Teil der Turbine zusammengefasst. Die Alarmdaten sind in fünf Schweregrade eingeteilt, um dem Benutzer eine zeitliche Schätzung des zeitlichen Ablaufs der sich entwickelnden Störung zu liefern (siehe Tabelle 1).

Meldungen des Alarm Managers werden per E-Mail an eine Reihe von vorgegebenen Benutzern gesandt.

Das Überwachungszentrum

Wie gut der Diagnoseserver auch ist – ob er lokal bei den Maschinen installiert ist oder einen Teil des externen Überwachungszentrums bildet –, er hat nur einen geringen Wert, wenn es keine Fachleute gibt, die die Analyse durchführen, die Ergebnisse interpretieren und den Kunden auf eine erforderliche Maßnahme hinweisen können.

Grad	Typ	Beschreibung	Erforderliche Maßnahme
1	Gefahr	Schwere fortschreitende Störung	Sofortige Maßnahme. Weiterer Betrieb dieser Turbine birgt die große Gefahr eines Funktionsverlusts und eines möglichen schweren Folgeschadens in sich.
2	Warnung	Eine beträchtliche fortschreitende Störung	Baldmöglichst eine Maßnahme. Empfohlen innerhalb von zwei Wochen.
3	Warnung	Fortschreitende Störung	Maßnahme bei Gelegenheit. Empfohlen innerhalb von zwei Monaten.
4	Warnung	Geringe oder nicht fortschreitende Störung	Maßnahme bei der nächsten Wartung.
5	Gut	Keine Unregelmäßigkeiten erkannt	Keine Maßnahme erforderlich
6	System	Hardwaresystemproblem	Behebung baldmöglichst.

Tabelle 1 Alarmkriterien, die im Programm Alarm Manager verwendet werden

In der Windturbinenindustrie werden in Europa gegenwärtig mehrere Hundert Windturbinen von einem dedizierten Überwachungszentrum in Dänemark aus überwacht. Die Fachleute dieses Zentrums sind permanent nur für die Windturbinen tätig und dafür verantwortlich, dass die Störungen erkannt und diagnostiziert werden, damit der Servicegruppe des Endbenutzers brauchbare Informationen für weitere Maßnahmen bereitgestellt werden. Bei der Beobachtung so zahlreicher Windturbinen haben die Fachleute eine breite Palette von Störungen in den Lagern und den komplexen Planetengetrieben vorgefunden. Die Fachleute im Überwachungszentrum arbeiten direkt mit der Servicegruppe der Windturbinen-Endbenutzer zusammen. Diese Zusammenarbeit ist lebenswichtig um sicherzustellen, dass die Diagnosen verstanden und die richtigen Maßnahmen getroffen werden. Ebenso soll das Feedback des Endbenutzers dazu verwendet werden, um das Diagnosemodell zu verfeinern, so dass es noch genauer wird. Es gibt drei Arten von Berichten, die von den Fachleuten erstellt werden:

- Alarmbericht
- Statusbericht
- Diagnosebericht

Der Alarmbericht wird erstellt, wenn ein sich entwickelnder Fehler erkannt wurde. Das zuvor schon beschriebene Programm Alarm Manager weist dem Alarmzustand einen vorläufigen Schweregrad zu. In einer Alarmsituation funktioniert das Überwachungszentrum wie folgt:

- Sowohl der Endbenutzer als auch die Diagnostiker werden durch den Diagnoseserver automatisch über den Alarmzustand informiert.

- Die Fachleute im Überwachungszentrum führen eine detaillierte Analyse und Diagnose der erkannten Störung durch, weisen dem Alarm einen endgültigen Schweregrad zu und geben der Servicegruppe des Endbenutzers Empfehlungen in einem kurzen und knappen Alarmbericht, in dem die gemachten Beobachtungen beschrieben, eine Interpretation der Beobachtungen abgegeben und Maßnahmen empfohlen werden, um das Problem zu beheben.
 - Der Endbenutzer trifft die Maßnahmen und schließt den Alarmbericht.
 - Der Endbenutzer leitet Feedback zu dem Bericht an die Fachleute im Überwachungszentrum weiter, sodass sie ihr Prognosemodell für das nächste Mal feiner abstimmen können, wenn dieselbe Störung erneut auftritt.
- Der Statusbericht ist eine Routineübersicht über den Zustand der Windturbinen nach einem vorab festgelegten Zeitraum wie zum Beispiel sechs Monaten. In diesem Fall enthält der Bericht eine allgemeine Bewertung des Zustands der Windturbinen in den letzten sechs Monaten und gibt eine Prognose für die nächsten sechs Monate ab.

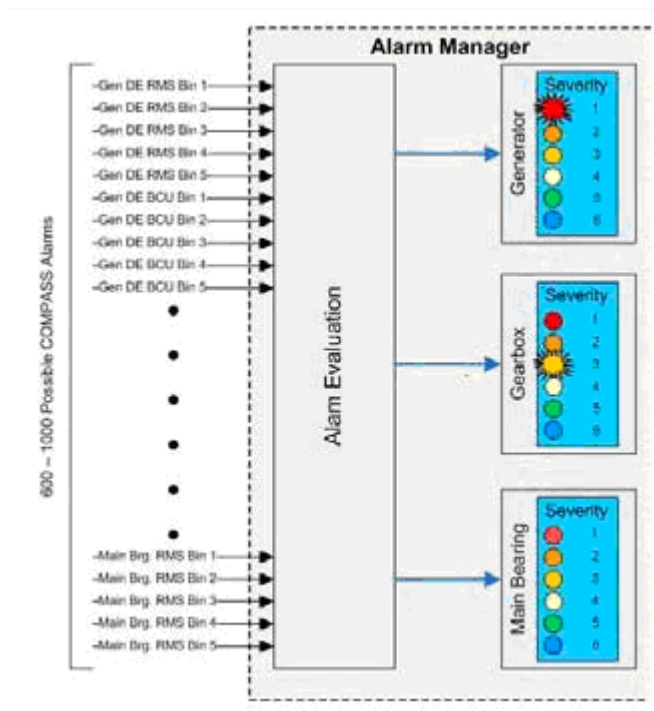
Der Diagnosebericht wird auf eine spezielle Anforderung des Kunden hin erstellt. Es erfolgt eine gründliche Untersuchung einer Maschinenkomponente, wie zum Beispiel eines Getriebes, das durch Probleme auffällig geworden ist.

Fernzugriff durch den Endbenutzer

Die meisten Betreiber von Windturbinen haben keine eigenen Fachleute für Schwingungen; sie bedienen sich deshalb des Überwachungszentrums von Brüel & Kjær Vibro für alle Notwendigkeiten ihrer Störungserkennung und –diagnose. Es gibt jedoch einige Endbenutzer, die über ein Fachwissen verfügen, und sie möchten die durch das Überwachungszentrum getroffenen Diagnosen überprüfen und/oder die Verantwortung für die Diagnose von Störungen der Windturbinen mit dem Überwachungszentrum teilen.

Brüel & Kjær Vibro bietet mit dem System eine vollständige Datentransparenz. Der Zugriff von Windturbinenbetreibern auf Daten ist im

Abbildung 4
Das Programm Alarm Manager bewertet eingehende Alarmer.



Diagnoseserver des Überwachungszentrums möglich. Von Brüel & Kjær Vibro wurde ein spezielles Analyseprogramm entwickelt, das es Endbenutzern erlaubt, auf die „unverarbeiteten“ Vibrations- und Prozessdaten sowie Zeitsignale zuzugreifen, sodass sie ihre eigenen Analysen durchführen können. Das fortschrittliche Datenanalyseprogramm und die unverarbeiteten Vibrationsdaten in Form von Zeitsignalen können von der sogenannten Datensubskriptions-Homepage heruntergeladen werden. Diese Homepage bietet jedem Benutzer auch Zugriff auf einen Bericht über den gesamten Alarmstatus für jede Turbine.

Das Eigentum an den Daten

Einer der Vorteile für die Kunden besteht darin, das Brüel & Kjær Vibro das IT-System hostet, das sich um die Daten des Kunden kümmert. Der Kunde ist aber immer noch der Herr der Daten. Dies ist mit Homebanking über das Internet vergleichbar, bei dem Sie der Eigentümer des Geldes sind, das auf Ihren Konten ausgewiesen ist, und sie immer Zugriff auf eine Übersicht haben. Und wie bei einer Bank sorgt Brüel & Kjær Vibro dafür, dass alle Daten abgesichert werden und dass das System vierundzwanzig Stunden lang an sieben Tagen in der Woche läuft. Die Fernüberwachungsgruppe

verfügt über ihren eigenen dedizierten IT-Support, der auf den Umgang mit der Anwendung und der Kommunikation mit dem Front-End des Überwachungssystems über GPRS oder LAN spezialisiert ist. Nach einer eventuellen Beendigung des Vertrags über die Zustandsüberwachung können dem Kunden seinen eigenen Daten in einem Datenbankformat im Industriestandard übergeben werden.

Schlussfolgerung

Die Implementierung eines umfassenden, selbstständigen Zustandsüberwachungssystems, das für einige Anlagen eingesetzt wird, ist sehr teuer, wenn es viele voneinander entfernt angeordnete Maschinen gibt. Darüber hinaus begrenzt das häufig geringe Fachwissen von Kunden in Vibrationsanalyse und –diagnose den Erfolg, den sie bei der Optimierung der verfügbaren Maschinenbetriebszeit erreichen können.

Das Konzept der Fernüberwachung und –diagnose, das in der Windturbinenindustrie eingeführt wurde, spricht diese Probleme in einer auf Zusammenarbeit basierenden, kostengünstigen Weise an. Die Betreiber von Windturbinen, der Hersteller von Windturbinen und der Hersteller des Überwachungssystems arbeiten eng zusammen.

Die Überwachungshardware auf den Maschinen ist auf internetfähige Datenerfassungsgeräte beschränkt, denn der Diagnoseserver ist in einem externen Überwachungszentrum angesiedelt. Hier erkennt und diagnostiziert eine Gruppe qualifizierter Vibrationsfachleute Störungen und gibt der Servicegruppe des Endbenutzers Wartungsempfehlungen. Sobald die Wartung abgeschlossen ist, wird das Überwachungszentrum durch den Endbenutzer über die Ergebnisse informiert, sodass es seine Diagnose- und Prognosetechniken verbessern kann. Der Betreiber der Windturbinen kann wiederum das Überwachungszentrum auffordern, zusätzliche Diagnostiktests an problematischen Maschinenkomponenten durchzuführen.

Das Überwachungszentrum für die Windturbinenindustrie ist mit Anlagen auf mehreren Hundert Windturbinen in Europa seit mehr als vier Jahren in Betrieb. ■

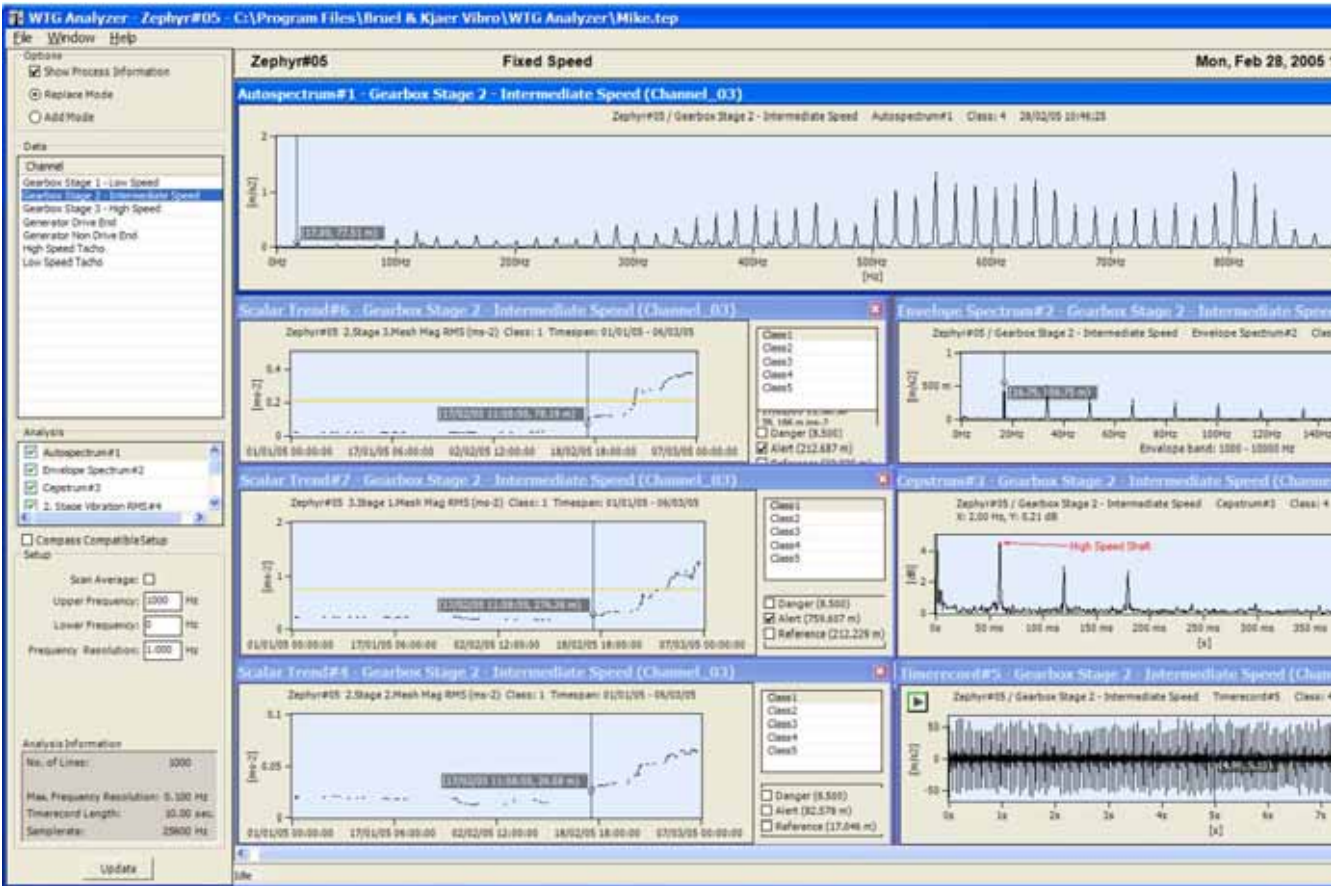
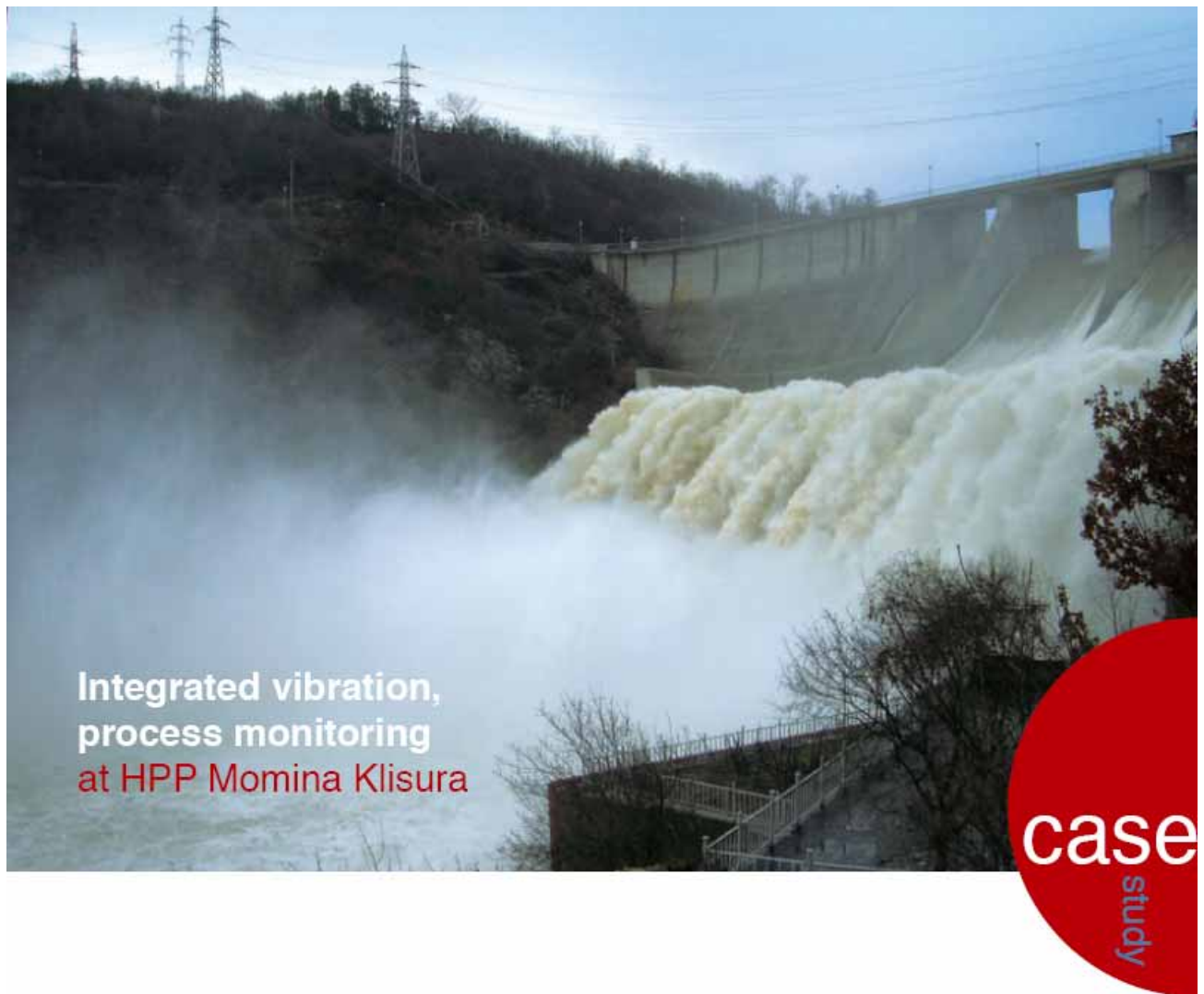


Abbildung 5
Das Analyse-
programm für
Windturbinen
zur Analyse
von Daten
aus dem
Diagnose-
server des
Überwach-
ungszentrums
durch den
Endbenutzer.



Integrated vibration,
process monitoring
at HPP Momina Klisura

case
study

Das Zustandsüberwachungssystem COMPASS wurde kürzlich im Wasserkraftwerk Momina Klisura in Bulgarien als Teil einer Großüberholung installiert.

Fortschrittliche Vibrationsüberwachungstechniken werden für die Wellen, die Lager und den Ständerkern, den Luftspalt, die Überwachung des magnetischen Flusses am Generator und die Kavitationsüberwachung an den Laufträgern eingesetzt. Dieses umfassende integrierte Überwachungssystem erlaubt es den alternden Generatoreinheiten, zuverlässig mit einer höheren Verfügbarkeit und niedrigeren Wartungskosten betrieben zu werden, und zwar trotz der schwierigen Betriebsbedingungen unter Spitzenlasten.

Der Betrieb und die Wartung von Generatoreinheiten

Das Wasserkraftwerk ist das am tiefsten gelegene von insgesamt vier Wasserkraftanlagen des Wasserfalls Belmeken-Sestrimo-Chaira im Fluss Maritza. Die beiden 60-MW-Francis-Turbinen werden mit 300 Upm bei einer Fallhöhe von 251 m betrieben. Die Druckleitung nimmt einen Durchfluss von 54,4 m³/s aus einem Kanal auf, der von der höher gelegenen Wasserkraftanlage Sestrimo (2 x 130 MW) ausgeht, und gibt ihn in den Fluss ab.

Die Natsionalna Elektricheska Kompania EAD (NEK EAD) besitzt Momina Klisura zusammen mit dreißig weiteren Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 2563 MW. 2006 erzeugte Momina Klisura 174 GWh.

Die Stromerzeugung in Momina Klisura wird wie in den anderen bulgarischen Wasserkraftanlagen stark von den Klimaschwankungen beeinflusst. In den Zeiten, in denen wenig Regen fällt, ist die Maschinenverfügbarkeit daher von ausschlaggebender Bedeutung. Während dieser anspruchsvollen Zeiten kann ein Stillstand aufgrund von Maschinenstörungen einfach nicht toleriert werden. Darüber hinaus führen die schwankenden Wasserstände in den Speicherbecken und die unregelmäßigen Stunden,



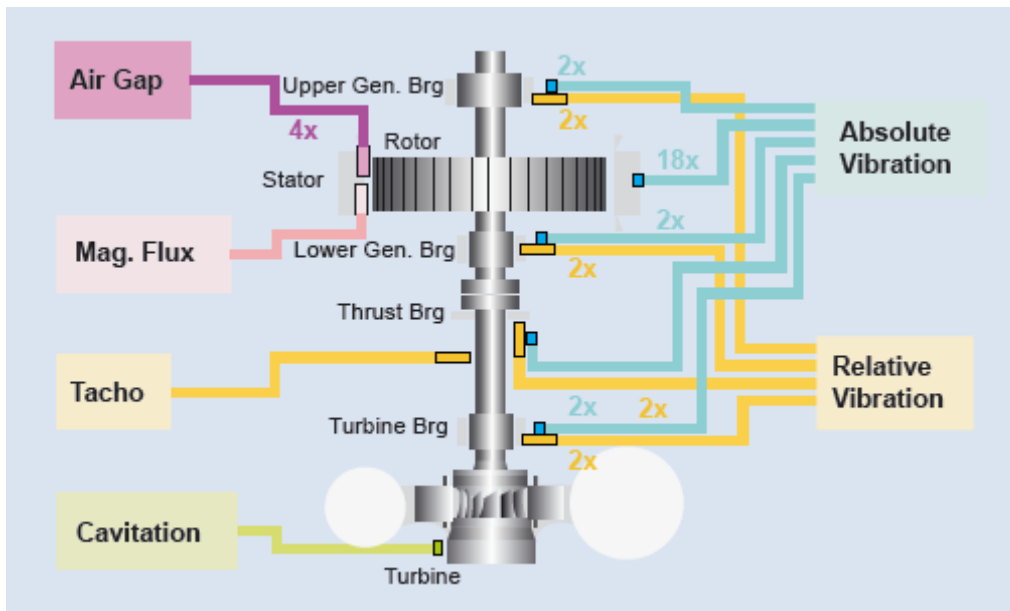


Abbildung 2 An den Generatoren in Momina Klisura installierte Sensoren. Prozessparameter, die aus dem Prozeßleitsystem importiert werden, sind hier nicht dargestellt.

Die Überwachungsstrategie

Die grundlegenden Gesamtanforderungen an das Zustandsüberwachungssystem waren durch das Betriebs- und Wartungspersonal des Kraftwerks bereits vor der Überholung festgelegt worden. Der Hauptzweck der Überholung und der Implementierung eines Zustandsüberwachungssystems bestand in einer Verbesserung der verfügbaren Maschinenbetriebszeit, der Zuverlässigkeit und des Wirkungsgrads sowie einer Senkung der Wartungskosten. Aufgrund der anspruchsvollen Betriebsbedingungen des Werks und der erworbenen Erfahrung wurde beschlossen, dass die wichtigsten Maschinenkomponenten der Generator, die Turbinenwelle und die Lager sein sollten. Die Ziele einer Überwachung dieser Komponenten konzentrierten sich auf Folgendes:

- Erkennung und Diagnose von Störungen in einem frühzeitigen Entwicklungsstadium, sodass eine Wartung im Voraus geplant werden kann.
- Eine Optimierung des Teillastbetriebs, um Kavitation zu vermeiden.

die für das Stabilisieren des Leitungsnetzes aufgewandt werden, zu schwankenden Belastungen der Generatoreinheiten und machen es so schwierig, eine zeitgestützte Wartungsstrategie wirkungsvoll zu implementieren. Eine Maschinenwartung kann unter diesen Umständen nicht genau vorhergesagt werden, denn Komponenten nutzen sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ab.

Bei einem Spitzenlastkraftwerk sind die Maschinen im Vergleich zu Grundlastanwendungen stärker beansprucht und daher anfälliger für vorzeitige Störungen. Dazu kommt noch die Tatsache, dass die Maschinen das Ende ihrer erwarteten Lebensdauer erreicht haben (Momina Klisura wurde 1972 in Betrieb genommen). Die schwierigen Betriebsbedingungen und alternde Ausrüstungen führten zu hohen Betriebs- und Wartungskosten, zu einer geringen Verfügbarkeit aufgrund einer hohen Ausfallrate und zu einem niedrigen Gesamtwirkungsgrad.

Vor ein paar Jahren wurde eine Großüberholung durchgeführt, um die Verfügbarkeit, die Zuverlässigkeit und den Wirkungsgrad zu verbessern und gleichzeitig Konformität mit der Union für die Koordination der Produktion und des Transports von elektrischer Energie (UCPTE) sicherzustellen.

Die Überholungsarbeiten umfassten eine Modernisierung der Turbinen, der Generatoren, der Hilfseinrichtungen und des Prozeßleitsystems (DCS). Infolge der anspruchsvollen Betriebsbedingungen in Momina Klisura wurde eine zustandsgestützte Wartungsstrategie gewählt, um die ursprünglich zeitgestützte zu ersetzen. Daher war die Installation eines fortschrittlichen Maschinenzustandsüberwachungssystems auch ein wichtiger Teil des Überholungsprojekts.

Die Implementierung von COMPASS

Das Überwachungssystem COMPASS wurde 2006 installiert. Dies war ein wichtiger Schritt in Richtung Umstellung von intervallgestützter Wartungsstrategie auf eine zustandsgestützte Wartungsstrategie. Die Auswahl des Zustandsüberwachungssystems basierte auf einer Standortübersicht und einer Überwachungsstrategie, welche die vorstehend erwähnte Betriebs- und Erfahrung auswertete.

Abbildung 3 Installation des Sensors für den Luftspalt (grüne Platte) und des Sensors für den magnetischen Fluss rechts neben dem Luftspaltsensor zwischen zwei Polen an den Ständerblechen.



Maschinenkomponente	Sensor	Messung	Beschreibung und Funktion
Ständergehäuse/-kern, Wellen und Lager	Radialer Beschleunigungssensor, Wegsensoren	Vektor	Erste und zweite Amplitude und Phase für die Erkennung und den Trendverlauf von Wellenschädigungen
		FFT-Spektrum	Diagnose von Störungen, die in verschiedenen Frequenzbereichen auftreten
		CPB-Spektrum	Konstante prozentuale Bandbreite für eine frühzeitige Fehlererkennung
		Smax	Maximale Größe aus einer X-Y-Messung
		X-Y-Zeitsignale	Einzeln angezeigt und kombiniert in einer Orbitdarstellung
		Bandpass	Erkennung von Wellen-/Lagerschäden bei verschiedenen Frequenzen
	DC	Überwachung der Wellenmittellinie	
	Axialbeschleunigungssensoren, Wegsensoren	FFT-Spektrum	Diagnose von Traglagerschäden
		Bandpass	Ständige Messung, um Vibrationsänderungen zu erkennen
		DC	Ständige Messung, um eine Veränderung der Dicke des Schmierfilms zu erkennen
Tacho	UPM	Drehzahl und Phase	
Läufer-/Ständerluftspalt	Luftspalt	Zeitsignal	Luftspaltübersicht für alle Pole während einer Umdrehung
		Mindestluftspalt (DC)	ständige Schutzüberwachung
		Berechnete Werte (DC)	Diagnosewerte, die zur Feststellung von Ständer- und Läuferform verwendet werden
	Magnetischer Fluss	Zeitsignal	Übersicht über den magnetischen Fluss für alle Pole während einer Umdrehung
		Berechnete Werte (DC)	Diagnosewerte, um kurzgeschlossene Läuferwicklungen zu erkennen
Lauftrad	Kavitation	Hochfrequenzemissionen (DC)	Anzeige des Einsetzens von Kavitation

Tabelle 1 Liste einiger der überwachten Messungen und ihrer Funktion.

Sensorik

Die im Überwachungssystem verwendeten Sensoren sind auf Abbildung 2 dargestellt, und eine typische Installation der Sensoren des Luftspalts und des magnetischen Flusses ist auf Abb.3 dargestellt.

Messungen

Eine Reihe von Messungen werden an Vibrations- und Prozesssignalen durchgeführt, die von den Sensoren kommen, wie dies in Tabelle 1 zusammengefasst ist. Typische Messdiagramme sind auf den Abbildungen 4 und 5 auf der nächsten Seite dargestellt.

Die adaptive Überwachungsstrategie

Die Generatoreinheiten in Momina Klisura werden (oft bei Teillast) häufig für einen Spitzenlastbetrieb gestartet oder abgeschaltet oder im synchronisierten Ausgleichsbetrieb eingesetzt, um das Leitungsnetz zu stabilisieren. Dies stellt besondere Anforderungen an eine effiziente Überwachung, denn die Größe der Vibration unterscheidet sich bei derselben Messung je nach den verschiedenen Maschinenzuständen. COMPASS bedient sich einer adaptiven Überwachungsstrategie, so dass eine Messung auf Alarmgrenzwerte überwacht wird, die für jeden jeweiligen Maschinenzustand spezifisch sind.

„Engere“ Alarmgrenzwerte ergeben eine frühere Fehlererkennung mit einem geringeren Risiko von Fehlalarmen. Die Messungen werden in einer Datenbank gespeichert, die von derselben Messung in anderen Maschinenzuständen getrennt ist, sodass es leichter ist, Trends zu erkennen. Ein Beispiel für ein Pumpspeicherwerk, das in Bezug auf verschiedene Maschinenzustände überwacht wird, finden Sie in dem Artikel Technischer Schwerpunkt auf Seite 17.

Die Konfiguration des Systems COMPASS

COMPASS wird als anlagenweites System installiert, das Sensoren, Datenerfassungs- und –aufbereitungseinheiten, einen Überwachungssystemserver mit einer Datenbank und einem Fernzugriff für

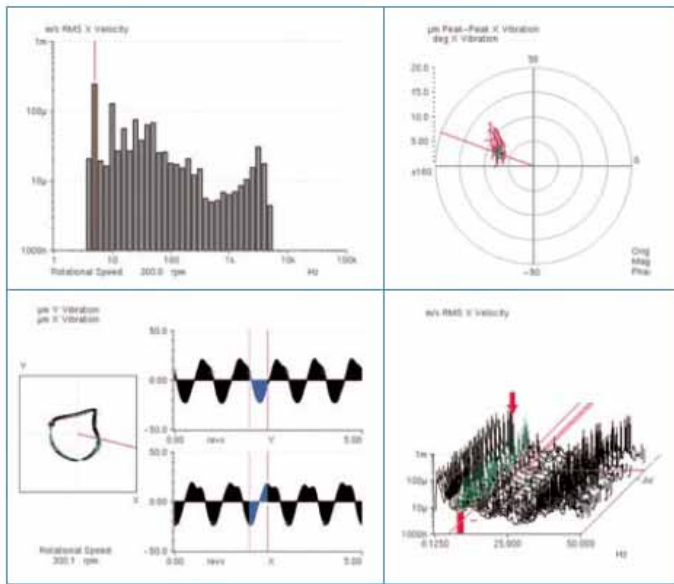


Abbildung 4
Beispieldiagramm für das obere Generatorlager von Maschine 1. CPB-Spektrum bei einer Frequenz mit einer Bandbreite von 23% (oben links), Trend des Vektors zweiter Ordnung (oben rechts), Orbit (unten links) und ein FFT-Wasserfallspektrum.

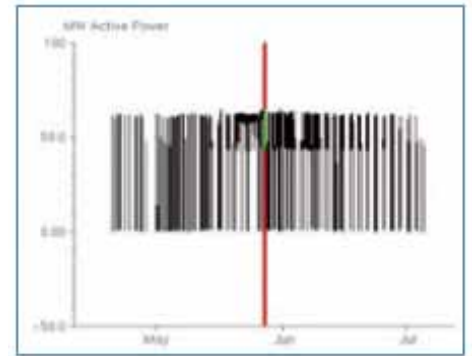


Abbildung 5 Wirkleistungsdiagramm mit der Darstellung der großen Anzahl von Starts und Stopps der Einheit 1 während eines Zeitraums von 2,5 Monaten. Auch der Teillastbetrieb ist hier zu erkennen.

Betreiber sowie das Prozeßleitsystem umfasst. Siehe Abbildung 6.

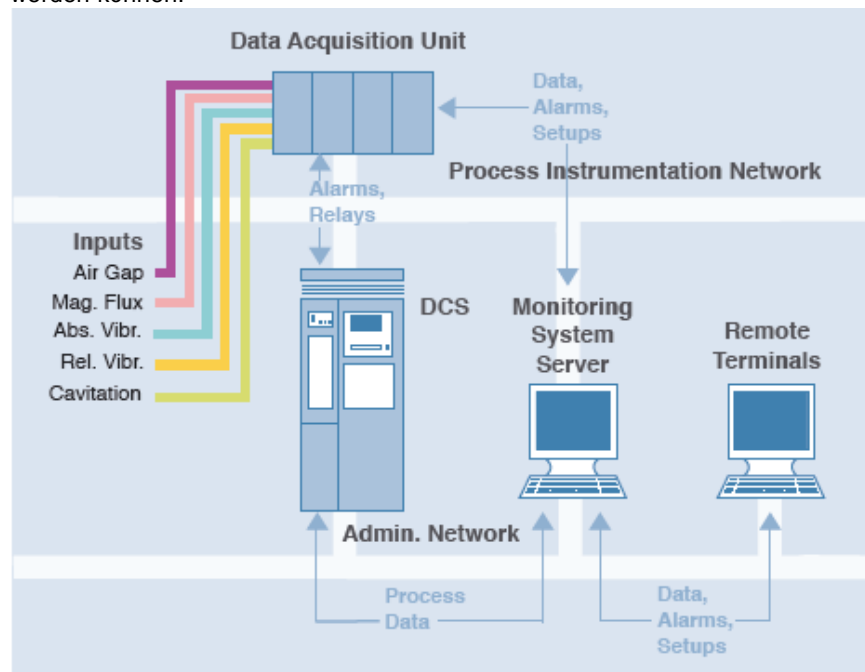
Schlussfolgerung

Nur eine zustandsgestützte Wartungsstrategie kann bei einer Wasserkraftanlage wie zum Beispiel in Momina Klisura eingesetzt werden, die mehreren Rollen gerecht werden muss. Die zahlreichen Starts und Stopps setzen die Maschinenkomponenten einer zusätzlichen Belastung aus, und aufgrund der schwankenden Lastspiele ist die Abnutzung von Maschinenkomponenten nicht vorhersagbar. Eine Anwendung dieser Art bedarf eines fortschrittlichen Maschinenzustands-

Überwachungssystems wie zum Beispiel COMPASS, das in der Lage ist, Schäden in einem frühen Entwicklungsstadium mithilfe einer Reihe von Vibrations- und Prozesseingaben von vielen Maschinenkomponenten zu erkennen und zu diagnostizieren. Die breite Palette von Messparametern muss dann im Vergleich zu individuellen Alarmgrenzwerten überwacht und in der Datenbank unter Bezugnahme auf einen spezifischen Maschinenbetriebszustand gespeichert werden. Da bei Teillast in Momina Klisura die Gefahr von Kavitation besteht, wird COMPASS auch für die Optimierung eingesetzt, bei welchen Lasten die Wasserkraftgeneratoren gefahrlos betrieben werden können.

Ein fortschrittliches Zustandsüberwachungssystem ist für Spitzenlastanwendungen von ausschlaggebender Bedeutung, denn ein Stillstand der Generatoren kann nicht toleriert werden. Tatsächlich muss jede Stillstandszeit in den nahe gelegenen Grundlast-Wärmekraftwerken in Momina Klisura ausgeglichen werden.

Abbildung 6 COMPASS Systemkonfiguration



Die Überwachung von Maschinenzuständen in einem Pumpspeicherwerk

Die Überwachung eines Pumpspeicherwerks in Bezug auf die einzelnen Maschinenzustände macht es leichter für Sie, geringfügige Veränderungen von Maschinen in einem frühen Entwicklungsstadium zu erkennen und zu verfolgen.

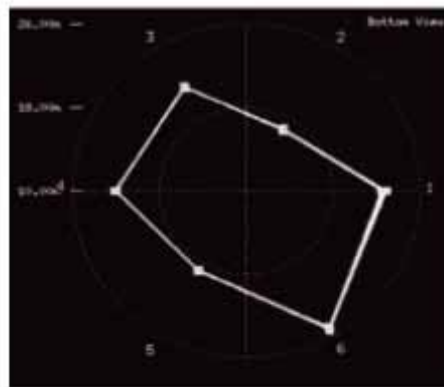
Eine adaptive Überwachungsstrategie, wie sie mit dem System COMPASS vor mehr als fünfzehn Jahren eingeführt wurde, ist dazu bestimmt, für eine frühzeitige Erkennung von Störungen ohne Fehlalarme zu sorgen und die Zuverlässigkeit der Diagnose zu verbessern. Wenn die Überwachung von Maschinenzuständen durchgeführt wird, sind die einzigen Veränderungen von Signalamplituden, an denen wir wirklich interessiert sind, diejenigen, die auf eine Veränderung des Zustands der Maschine (z.B. eine sich entwickelnde Störung) und NICHT auf die Veränderung einer Prozessbedingung wie zum Beispiel die Belastung zurückzuführen sind. Dies ist ein einfaches Konzept, aber es ist in den heutigen Überwachungssystemen noch immer nicht weitgehend umgesetzt.

Abbildung 1 Der Luftspalt des Ständers von Einheit 1 in vier verschiedenen Maschinenzuständen. Die Luftspaltemessungen zwischen dem 11. und 22. Dezember überdecken sich in jedem Maschinenzustand.

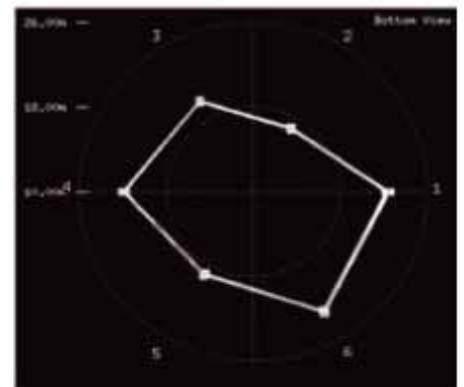
Eine adaptive Überwachungsstrategie umfasst mehrere Techniken, aber in diesem Artikel wollen wir uns auf die grundlegenden konzentrieren, die als Maschinenzustände bezeichnet werden. Hier werden die Betriebsbereiche einer Maschine in einem ersten Schritt bei der Einrichtung des Überwachungssystems einzeln definiert. Im Falle einer Wasserturbine eines Pumpspeicherwerks kann es eine Reihe von verschiedenen Zuständen geben, so z.B. Stillstand, Hochlauf, Phasenschieberbetrieb, Pumpbetrieb, Turbinenbetrieb, Auslauf usw. Alle relevanten Messungen wie zum Beispiel Vibration, Verlagerung, Luftspalt, magnetischer Fluss und andere Prozessparameter werden für jeden dieser Maschinenzustände einzeln überwacht. Auf

diese Weise werden nur ähnliche Daten mit Alarmgrenzwerten verglichen und zur Trendauswertung in einem bestimmten Teil der Datenbank gespeichert. Wenn Sie sich der Maschinenzustände in Ihrer Überwachungsstrategie bedienen, gibt es zwei Hauptvorteile:

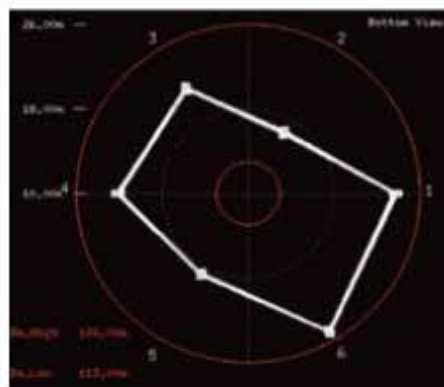
- „Enge Alarmgrenzwerte“ – Wenn die Alarmgrenzwerte in der Nähe der Bezugswerte eingestellt werden, erhalten Sie eine frühere, zuverlässigere Schadenserkennung ohne die Gefahr von Fehlalarmen. Bei einer frühzeitigen Schadenserkennung haben Sie eine längere Vorlaufzeit für Diagnose und Wartung. Dies gilt sowohl für skalare als auch für Spektrummessungen.



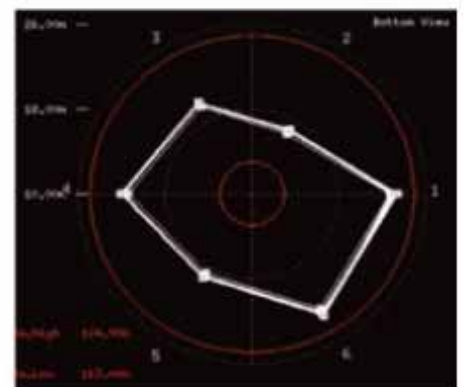
Synchronized Compensation (pumping direction), 81 air gap measurements



Synchronized Compensation (generating direction), 44 air gap measurements



Pumping Mode 99, air gap measurements



Generating Mode 39, air gap measurements

- Ein saubererer Trend – Ähnliche Daten werden besser dargestellt, und damit geht es leichter und schneller, einen Trend für die Diagnose und für die Planung der Wartung zu erkennen.

Ein Beispiel einer Anwendung zur Überwachung von Maschinenzuständen

Das 716-MW-Pumpspeicher-Wasserkraftwerk Zarnowiec in Polen verwendet COMPASS seit 1997, um seine vier Einheiten zu überwachen. Seit letztem Jahr können bei zwei der Einheiten auch der Luftspalt und der magnetische Fluss überwacht werden. und dies ist jetzt in Bezug auf die stationären Maschinenzustände für den Turbinen-, den Pump- und den Phasenschieberbetrieb in der Pump- und der Turbinendrehrichtung der Fall.

Wenn Sie sich Abbildung 1 ansehen, so ist die Messung des Luftspalts für die Maschine 1 im Zeitraum vom 11. bis zum 22. Dezember für jeden Maschinenzustand dargestellt (die Abweichungen sind zu Zwecken der Klarheit übertrieben). Innerhalb jedes Maschinenzustands gibt es eine sehr geringe Abweichung bei den sich überlagernden Daten. Dies lässt vermuten, dass im Ständer keine plastische Verformung vorliegt, denn die Daten geben jedes Mal dieselbe Form zurück, nachdem sich der Maschinenzustand geändert hat. Es

gibt jedoch eine merkliche elastische Verformung zwischen einigen der Maschinenzuständen, denn die Ständerform unterscheidet sich in jedem Maschinenzustand (sehen Sie sich z.B. den Vergleich zwischen dem Pump- und dem Turbinenbetrieb auf Abbildung 2 an). In anderen Fällen gibt es nur einen sehr geringen Unterschied zwischen den Maschinenzuständen (sehen Sie sich z.B. den Vergleich zwischen dem Turbinen- und dem Phasenschieberbetrieb in der Turbinendrehrichtung der Maschine auf Abbildung 2 an).

Schlussfolgerung

Wenn man einen raschen Blick auf diese Daten wirft, gibt es keinen Grund für einen Alarm, denn es ist keine plastische Verformung zu erkennen, die sich auf den Trenddiagrammen entwickeln würde, und die elastische Verformung des Ständers hat keine Größenordnung erreicht, die zu einer Berührung zwischen Ständer und Läufer führen oder eine übermäßige Vibration hervorrufen würde, welche die Lager überlastet. Die Aufmerksamkeit wird jedoch auf die Tatsache gelenkt, dass bestimmte Teile des Ständers flexibler sind als andere und dass die Größe der Verformung vom Maschinenzustand abhängt. Die Feststellung der Ursache und die Größe der Verformung ist ein komplexes Problem, denn zahlreiche Faktoren können darauf einen Einfluss haben. In jedem Fall sollten die flexibleren Teile des Ständers im

Laufe der Zeit sorgfältig überwacht werden, um sicherzustellen, dass es zu keiner strukturellen Veränderung aufgrund von Ermüdung kommt. Wenn es zu einer frühzeitigen strukturellen Verformung im Ständer kommt, könnte eine Ursachenanalyse durchgeführt werden, um herauszufinden, wie diese flexiblen Teile des Ständers zu verstärken sind, um zu verhindern, dass dies in Zukunft erneut geschieht.

Die Überwachung von Vibration und Verschiebung in Bezug auf Maschinenzustände wird jetzt seit vielen Jahren in großen Teilen der Branche als Referenz anerkannt, aber wie wir in diesem Artikel sehen können, gilt dies ebenso für andere Messungen wie zum Beispiel die Überwachung von Luftspalt und magnetischem Fluss in der Wasserkraftindustrie. Eine geringfügig andere Methode wurde für die Überwachung von Windturbinen angewandt; sie ist sowohl im dem Artikel Technischer Schwerpunkt auf Seite 7 als auch in der Fallstudie auf Seite 3 erläutert.

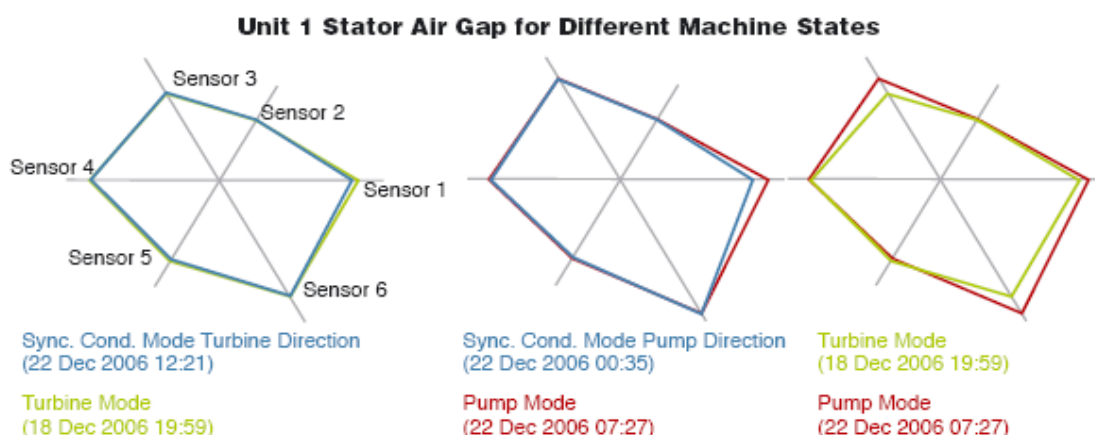


Abbildung 2
Ein Vergleich des Luftspalts des Ständers von Maschine 1 zwischen verschiedenen Maschinenzuständen.

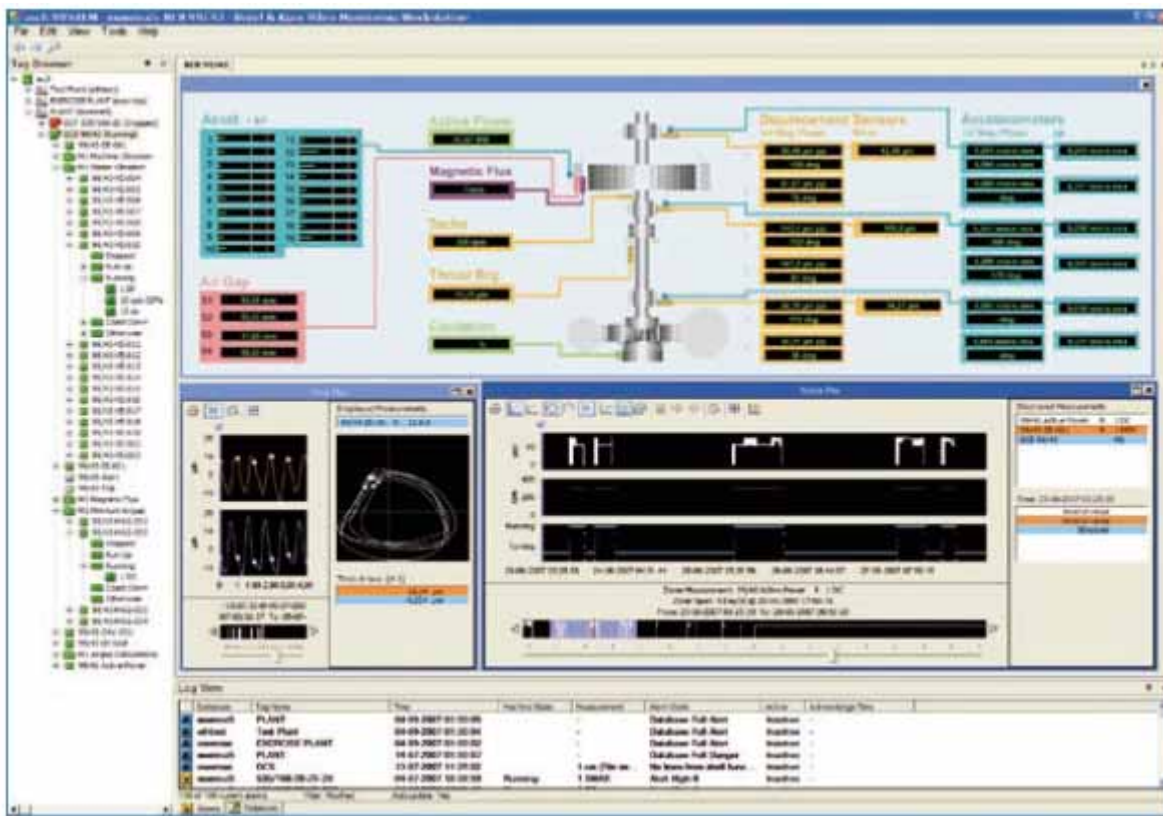


Abbildung 1 Eine typische Bildschirmanzeige der Software Monitoring Workstation mit der Darstellung am Beispiel eines Wasserkraftwerks. Der Tagbrowser befindet sich auf der linken Seite, und die Alarmliste steht am unteren Rand.

Ein Paket zur Aufrüstung der Benutzeroberfläche von COMPASS

Wenn Sie Ihr COMPASS Classic mit Compass 6000 Monitoring Workstation aufrüsten, erhalten Sie die volle Flexibilität einer Windows™-Benutzeroberfläche.

Die Software Monitoring Workstation ruft Messdaten und Alarminformationen aus einer oder mehreren COMPASS-Datenbanken ab und zeigt sie auf Ihrer Windows-Workstation, Ihrem PC oder Ihrem Laptop an. Das Aufrüstungspaket umfasst einen neuen Server (je nach Ihrem Leistungsbedarf) und die Installation vor Ort.

Die Software stützt sich auf die Technologie Microsoft® Windows™ NET.

Die Aufrüstung umfasst Folgendes:

- Tagbrowser – Diese Funktion erlaubt es Ihnen, durch die Maschinen- und Messpunkte aus einer oder mehreren COMPASS-Datenbanken zu navigieren. Die Farbe der Symbole im Tagbrowser informiert sie über Alarmzustände, aktuelle Maschinenzustände, deaktivierte Tags usw.
- Die Funktion Alarmmanagement und -anzeige – Alarmer aus mehreren Datenbanken werden in der Alarmliste angezeigt und automatisch und ständig aktualisiert. Fortschrittliche Filterfähigkeiten erlauben es verschiedenen Benutzern, genau das festzulegen, was sie sehen wollen oder müssen. Jeder Benutzer kann seine bevorzugten Filtereinstellungen speichern und wieder abrufen.
- Maschinenansicht – Sie gibt Ihnen auf einen Blick eine Übersicht über die Mess- und Alarmzustände einer oder mehrerer Maschinen und ihrer Messpunkte. Fensteranzeigen können leicht geschaffen werden, indem man Messanzeigeobjekte über eine bestehende Maschinenzzeichnung oder – fotografie legt.
- Plots – Dazu gehören fortgeschrittene Cursor, grafisches Zoomen, Anmerkungen, Plotdrehung und vieles mehr. Das Auswahlfenster ist ein einmaliges, leistungsfähiges Werkzeug, das die verfügbaren Daten anzeigt und es Ihnen erlaubt, grafisch die Daten auszuwählen, die Sie anzeigen wollen. Daten aus jeder Datenbank werden für eine effizientere Diagnose und Analyse leicht angezeigt und korreliert. ■

Setzen Sie sich mit Ihrem Handelsvertreter am Ort in Verbindung, um herauszufinden, welche Sonderangebote von Paketen in Ihrem Bereich erhältlich sind, die Ihrem Bedarf entsprechen.