



Brüel & Kjær Vibro



Anwendungsbeispiel

Überwachungsstrategie – Erkennen von Getriebebeschäden



Anwendungsbeispiel

Überwachungsstrategie – Erkennen von Getriebeschäden

ZUSAMMENFASSUNG

Dieses Anwendungsbeispiel zeigt die Wichtigkeit einer systematischen Herangehensweise an die Analyse von Getriebevibrationen zusätzlich zu anderen wesentlichen Anforderungen wie zum Beispiel den Einsatz von modernen Vibrationsanalysegeräte, die spezielle Schulung der Techniker und Zugriff auf detaillierte Informationen über die Auslegung und Konstruktion des Getriebes.

Fehlerdiagnose in einem 3-Gang-Getriebebereich



Abbildung 1 Teilansicht des geöffneten Getriebes

Technische Daten des Getriebes:

- Antriebsmotordrehzahl: 1.160 U/min (Drehfrequenz 19,2 Hz)
- Anzahl der Zähne des Eingangs Zahnrad: 20 (Drehfrequenz 19,2 Hz)
- Anzahl der Zähne des Vorgelegertes: 13 (Drehfrequenz 3,4 Hz)

Hintergrund des Falles

Das Getriebe wurde über ein Zweikanal-Vibrationsüberwachungssystem mit auf der Außenseite des Gehäuses befestigten Beschleunigungssensoren ständig auf Vibrationen überwacht. Dieses System überwacht den Gesamtvibrationspegel in einem Frequenzbereich von

10 – 1.000 Hz hinsichtlich des Effektivwertes der Schwinggeschwindigkeit RMS sowie des Zustands des Lagers in BCU (Bearing Condition Units).

Der höchste Schwingungswert, die von den Beschleunigungssensoren gemessen wurde, lag unverändert bei ca. 1,5 mm/s. Der Wert liegt innerhalb des empfohlenen Wertes für Zone A gemäß ISO 10816 Teil 3. Somit wurde keiner der im Überwachungsgerät vorgegebenen Grenzwerte überschritten.

Der überwachte BCU-Wert stieg allerdings plötzlich von einem Normalwert von 0,8 BCU auf einen Wert an, der zwischen 10 und 20 BCU schwankte. Aufgrund dieses Wertes wurde das BCU-Alarmrelais im Überwachungsgerät ausgelöst,

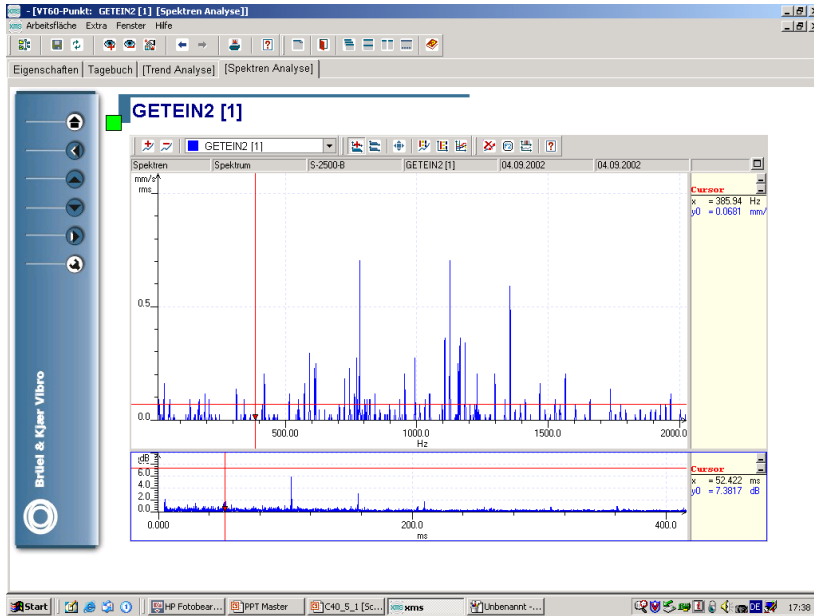
und die Produktions- und Wartungsabteilungen mussten umgehend reagieren.

Erste Untersuchung

Aufgrund des drastischen Anstiegs des BCU-Wertes lag die Vermutung nahe, dass ein Wälzlager schwer beschädigt war. Das Getriebe wurde angehalten. Nach der Untersuchung der Hauptwälzlager mit einem Endoskop konnte keinerlei offensichtlicher Schaden an den Lagerbauteilen festgestellt werden. Es wurde beschlossen, eine detaillierte Vibrationsanalyse am laufenden Getriebe durchzuführen, um so möglicherweise die Ursache des plötzlichen Anstiegs des BCU-Wertes herauszufinden.

Mögliche Fehler	Berechnung	Fehlerfrequenz (Hz)
Unwucht der Eingangsantriebswelle	-	19,2
Unwucht der Ausgangsantriebswelle	-	3,4
Zahneingriffsfrequenz	$19,2 \cdot 20$	384
2. Oberschwingung des Zahneingriffs	$384 \cdot 2$	768
3. Oberschwingung des Zahneingriffs	$384 \cdot 3$	1,152
Defektes Eingangszahnrad	-	Seitenbänder von 19,2
Defektes Ausgangszahnrad	-	Seitenbänder von 3,4

Tabelle 1 Mögliche Fehlerfrequenzen (Wälzlagerfrequenzen sind noch nicht errechnet)



das Cepstrum wurde ebenfalls nachbearbeitet. Aufgrund der Tatsache, dass die Beschleunigungskräfte im Getriebe manchmal höher sind als die Schwinggeschwindigkeitskräfte, ist das ein sinnvoller Schritt. Dieses Spektrum führte jedoch zu keinen zusätzlichen Erkenntnissen als zu den bereits durch das Vibrationsgeschwindigkeitsspektrum ersichtlichen. Es war für die Ursachendiagnose des Fehlers nicht wirklich hilfreich.

Daher hat man sich für zwei spezielle Arten von Hüllkurvenspektren entschieden, die speziell für die Analyse und Diagnose von Fehlern in Wälzlagern entwickelt wurden, obwohl bei der ersten optischen Prüfung der Lager kein Schaden festgestellt werden konnte. In den frühen Phasen von Wälzlagerschäden kann es passieren, dass der BCU-Wert rapide ansteigt, wengleich an den Lagerbauteilen noch kein sichtbarer Schaden erkennbar ist. Der Grund hierfür ist die extreme Empfindlichkeit

Abbildung 2 Spektrum und daraus resultierendes Cepstrum der Schwinggeschwindigkeit

Es wurden zunächst Berechnungen auf der Basis der technischen Angaben des Getriebeherstellers durchgeführt, um die möglichen Vibrationsfrequenzen festzustellen, die durch Getriebefehler entstehen würden. Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.

in den Beschleunigungseinheiten zu bestimmen, und

Vibrationsanalyse des Getriebes

Wenn man eine derartige Vibrationsanalyse am Getriebe durchführt, reicht für gewöhnlich die Analyse des Signals von nur einem montierten Beschleunigungssensor, da das Getriebe normalerweise starr genug ist, um die Signale von beiden Beschleunigungssensoren mit ausreichender Genauigkeit und ohne wesentliche Datenverluste zu übertragen.

Es wurde ein zweites Spektrum für die Schwingbeschleunigung erstellt, um einen Vergleichswert

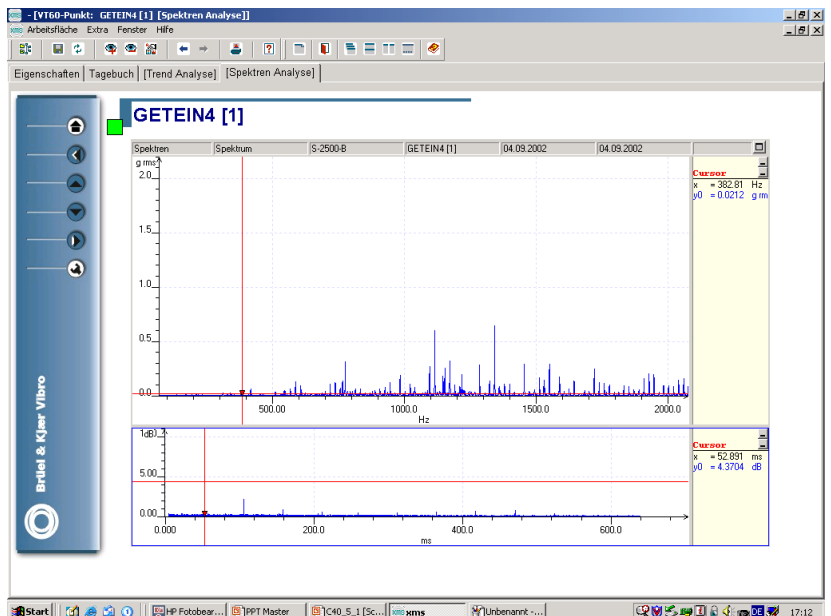


Abbildung 3 Spektrum und Cepstrum der Schwingbeschleunigung

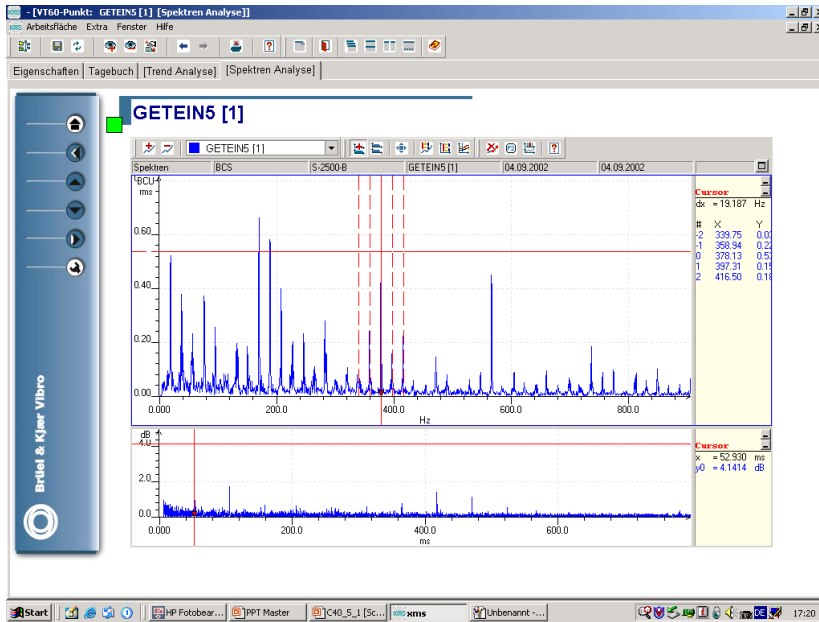


Abbildung 4 BCS-Hüllkurvenspektrum zeigt deutlich die Seitenbandaktivität um die Zahneingriffsfrequenz bei ca. 378 Hz

der BCU-Messung auf beginnende Schäden an den Wälzlagern.

Das erste BCS-Hüllkurvenspektrum – das auf dem BCU-Wert basiert – und das daraus resultierende Cepstrum liefert eindeutige Hinweise auf regelmäßige Stöße im Getriebe.

Der Seitenbandcursor, der bei einer Zahneingriffsfrequenz des Eingangszahnrads im Hüllkurvenspektrum laut Abbildung 4 von 378 Hz zentriert ist, zeigt regelmäßige Einwirkungen, die das 378-Hz-Signal mit einem 19,187-Hz-Signal modulieren. Zu beachten ist, dass der Zahneingriff leicht von der berechneten Frequenz von 384 Hz abwich. Der Grund hierfür sind offensichtlich kleinere Abweichungen der Eingangsdrehzahl des Getriebes.

Zur Bestätigung dieser Angaben wurde ein zweites Hüllkurvenspektrum

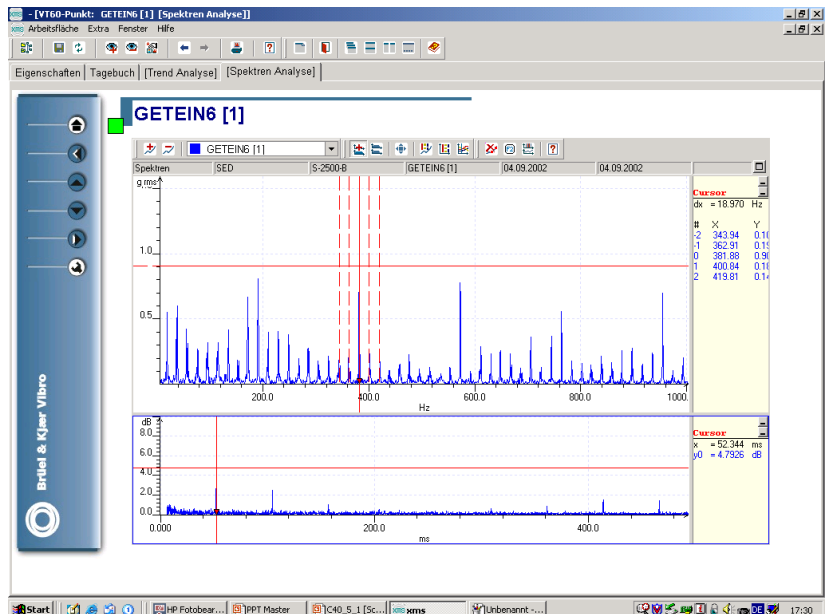


Abbildung 5 Das SED-Hüllkurvenspektrum bestätigt das Ergebnis des BCS-Hüllkurvenspektrums

erstellt, und zwar das SED (Selective Envelope Detection Spektrum). Diese Art des Hüllkurvenspektrums unterscheidet sich lediglich darin, dass der Frequenzbereich für die Messung angepasst werden kann, wohingegen der Hochfrequenzbandpassfilter des BCS-Hüllkurvenspektrums einen festen Frequenzbereich hat. Die in Abbildung 5 gezeigten Ergebnisse sind nahezu identisch mit den Ergebnissen des BCS-Hüllkurvenspektrums.

Zum Zeitpunkt der Messung hat sich die Eingangsdrehzahl des Getriebes nochmal leicht geändert, was an der Zahneingriffsfrequenz von 381 Hz zu sehen war, und die Seitenbandaktivität zeigt sich deutlich mit einem Frequenzabstand von ca. 18,97 Hz an beiden Seiten um die Zahneingriffsfrequenz.



Abbildung 6 Beschädigter Zahnabschnitt des Zahnradgetriebes

Fehleranalyse und Fehlererkennung

Die Seitenbänder von ca. 19 Hz um die Zahneingriffsfrequenz von 384 Hz waren ein starkes Anzeichen dafür, dass das Eingangszahnrad irgendwie beschädigt war und Stöße erzeugte, die den plötzlichen und starken Anstieg des BCU-Werts verursachten.

Der durch beide Hüllkurvenspektren erbrachte Beweis reichte aus, um das komplette Abschalten des Getriebes zu rechtfertigen, das Gehäuse zu öffnen und jedes einzelne Zahnrad zu untersuchen.

Bei der Untersuchung des Eingangszahnrads fand man heraus, dass ein relativ großer Teil von einem der Zähne auf dem Zahnradgetriebe abgebrochen war. Das wirkte sich auf die Drehfrequenz von ca. 19 Hz des Zahnrads aus, wodurch der BCU-Wert so drastisch angestiegen war.

Die Vibrationsanalyse eines Getriebes ist normalerweise aufgrund der Anzahl der Komponenten, die Vibrationen erzeugen können, eine komplexe Aufgabe. Einige Vibrationen geben keinen Grund zur Beunruhigung, z.B. Zahneingriffsfrequenzen, die bei Getrieben üblich sind. Andere Vibrationen jedoch, wie zum Beispiel das Entstehen von Seitenbandaktivitäten oder für Wälzlerschäden

typische Frequenzen etc. müssen im Spektrum erkannt werden, da sie am Getriebe mit der Zeit kostspieligen Schaden verursachen können.

Bei der Getriebediagnose gibt es folgende nützliche Hilfen:

- Getriebebezeichnung mit Position der einzelnen Eingriffszustände der Zahnräder des Getriebes sowie mit dem Verlauf der Antriebskräfte
- Auflistung der eingesetzten Wälzlager mit Schadensfrequenzen
- Tabelle der möglichen Schadensfrequenzen zum Erkennen der einzelnen zu erwartenden Frequenzen im Spektrum, so dass die Parameter wie zum Beispiel:
 - untere Eckfrequenz
 - obere Eckfrequenz
 - Anzahl der Linien (Auflösung)

vor Beginn der Messungen korrekt im Vibrationsanalysegerät eingestellt werden können.

Diese Fallstudie zeigt, dass die Analyseaufgabe mit einer systematischen Herangehensweise an die Aufgabe, der entsprechenden Schulung der Techniker und ausreichend technischen Informationen erfolgreich ausgeführt werden kann.

Brüel & Kjær Vibro GmbH
Leydheckerstrasse 10
64293 Darmstadt - Deutschland
Telefon: +49 (0) 6151 428 0
Fax: +49 (0) 6151 428 1000
info@bkvibro.com
www.bkvibro.com

BAN 0025-DE-12
Datum: 08.06.2015