



Brüel & Kjær Vibro



Anwendungsbeispiel

**Überwachungsstrategie –
Segmentierte
Schwingungsanalyse und
Überwachung der
Kolbenstangenlage bei
Kolbenverdichtern**



Anwendungsbeispiel

Überwachungsstrategie – Segmentierte Schwingungsanalyse und Überwachung der Kolbenstangenlage bei Kolbenverdichtern

ZUSAMMENFASSUNG

Die Segmentierte Schwingungsanalyse und die Überwachung der Kolbenstangenlage zählen zu den Überwachungstechniken mit dem geringsten Installationsbedarf zur Erkennung und Diagnose von Zylinderfehlern bei Kolbenkompressoren und sind doch mit die wirksamsten hinsichtlich einer Reihe von möglichen erkennbaren Fehlern. Fehler können automatisch frühzeitig erkannt und die Ergebnisse ohne tieferes Fachwissen analysiert werden.

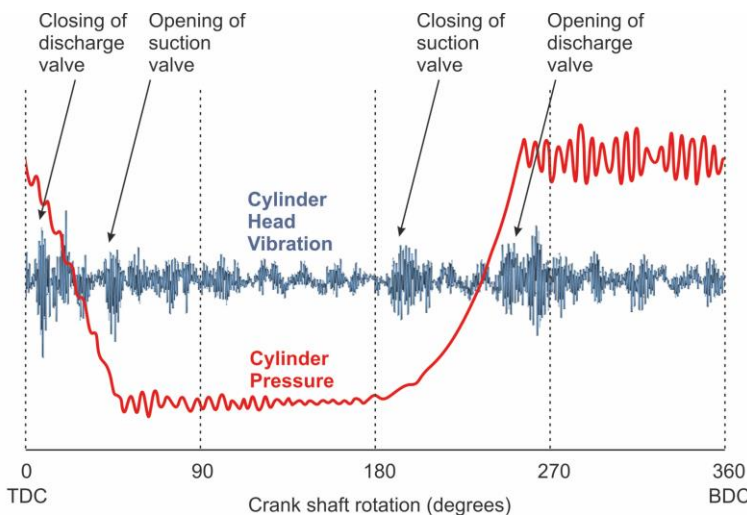


Abbildung 1 Zeitsignal der Zylinderkopfschwingung im Vergleich zum Zylinderdruck mit Darstellung der einzelnen Ventilöffnungen und Ventilschließungen. Weitere Schwingungsereignisse, die hier nicht dargestellt sind, umfassen u.a. Druckdynamik, Pulsation innerhalb des Zylinders und Kinematik der Kolbenbaugruppenbewegungen.

die Unterschiede hinsichtlich der Systemkosten, der Einbaubedingungen, der möglichen erkennbaren Fehlerarten sowie des für die Diagnose erforderlichen Fachwissens sind nicht unerheblich. Die Segmentierte Schwingungsanalyse und Überwachung der Kolbenstangenlage zählen aus gesamtheitlicher Sicht zu den effektivsten Techniken.

Was ist eine segmentierte Messung?

Segmentschwingungen und die Kolbenstangenlage gehören zur Erweiterung der traditionellen Zylinderüberwachung. Segmentschwingung und Kolbenstangenlage zählen zu den Überwachungstechniken, bei denen die Schwingung in Bezug auf den Kurbelwinkel anstelle von Zeit oder Geschwindigkeit gemessen wird (siehe Abbildung 1). Die Messung basiert auf der Aufteilung der Schwingungswerte für eine Kurbelumdrehung in mehrere Segmente (Gates), so zum Beispiel 18 oder mehr für die Zustandsüberwachung (d.h. 20 Grad Kurbelumdrehung oder weniger). Für die Schutzüberwachung in Echtzeit können auch nur 6 Segmente gewählt werden (siehe Abbildung 2 und 3). Jedes dieser Segmente bezieht die

Zylinderfehler

Kolbenzylinder sind im Vergleich zu Turbomaschinen sehr wartungsintensiv, und ihre Zylinder sind die größte Fehlerquelle. Diese Fehler können prozessbedingt sein, wie zum Beispiel Flüssigkeitsübertrag, Überdruck, Pulsationen,

unsaubere Kolbenstangenführung, oder aber Abnutzung/Schäden an den beweglichen Komponenten. Diese Fehler können zur Beschädigung der Bauteile, zu Undichtigkeiten oder sogar zum Totalausfall der Maschine führen, falls sie nicht erkannt werden.

Es gibt eine Reihe von Überwachungstechniken für die Erkennung von Zylinderfehlern, aber



Segments

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

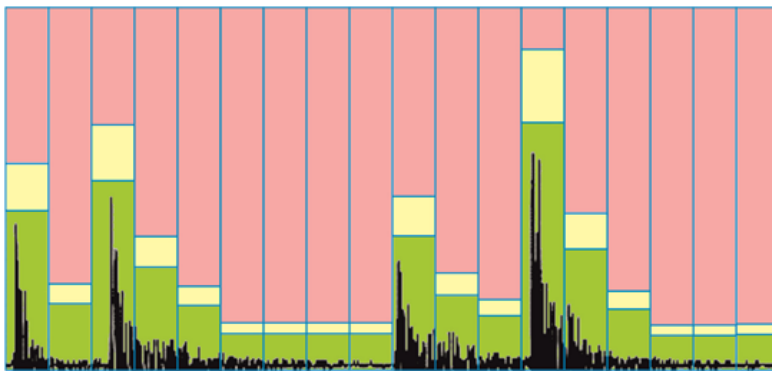


Abbildung 2 Die individuellen Ereignisse können in einem Segment zusammengefasst sein oder sich über mehrere Segmente ausbreiten. Jedes Segment kann individuell auf seine Alarmgrenzen überwacht werden (Rot bedeutet Gefahr, Gelb ist Alarm und Grün ist Referenz). Die oben gezeigten Segmente haben für eine komplette Kurbelumdrehung denselben Abstand. Es ist auch möglich, dass die Segmente eine unterschiedliche Breite haben.

Überwachungsstrategie zur Fehlererkennung

Segmentierten Schwingungen und Kolbenstangenlage werden meist für die Zustandsüberwachung eingesetzt, aber es gibt Anwender, die auch für ihre Sicherheitsüberwachung eine Segmentierte Überwachungslösung benötigen (aber typischerweise keine Kolbenstangenlage). Die Art der erkannten Fehler und der Überwachungskonfiguration für die beiden Überwachungsstrategien sind unterschiedlich.

Zustandsüberwachung – Mit der Überwachungstechnik der Segmentschwingungen und Kolbenstangenlage sollen Fehler bereits in einem frühen Stadium erkannt werden, so dass der

Schwingung auf eine bestimmte Kurbelwinkelposition. Dabei wird für jedes Segment der Effektiv- oder Spitzenwert gebildet, der über individuelle Alarmgrenzen überwacht und gespeichert werden kann (siehe Abbildung 4). Das Ziel der Segmentierten Schwingungen und Kolbenstangenlage besteht darin, Schwingungsereignisse in individuelle Segmente einzugrenzen, so dass alle Änderungen, die innerhalb dieses Ereignisses auftreten, einem sich entwickelnden Fehler zugeordnet werden können, wie zum Beispiel Störungen an Ventilen, sich verändernde Prozessbedingungen oder abgenutzte, lose oder beschädigte Komponenten der Kolbenbaugruppe. Dadurch dass Änderungen eines spezifischen Ereignisses von anderen Ereignissen abgegrenzt werden, können individuelle Fehler erkannt, früher prognostiziert und genauer diagnostiziert werden, als dies mit einem Vibrationssignal möglich wäre, das für die gesamte Kurbelumdrehung gemittelt wird. Geht man außerdem davon aus, dass alle Betriebszustände konstant sind, so sind die Messsignaländerungen während der Kurbelumdrehung auch konstant.

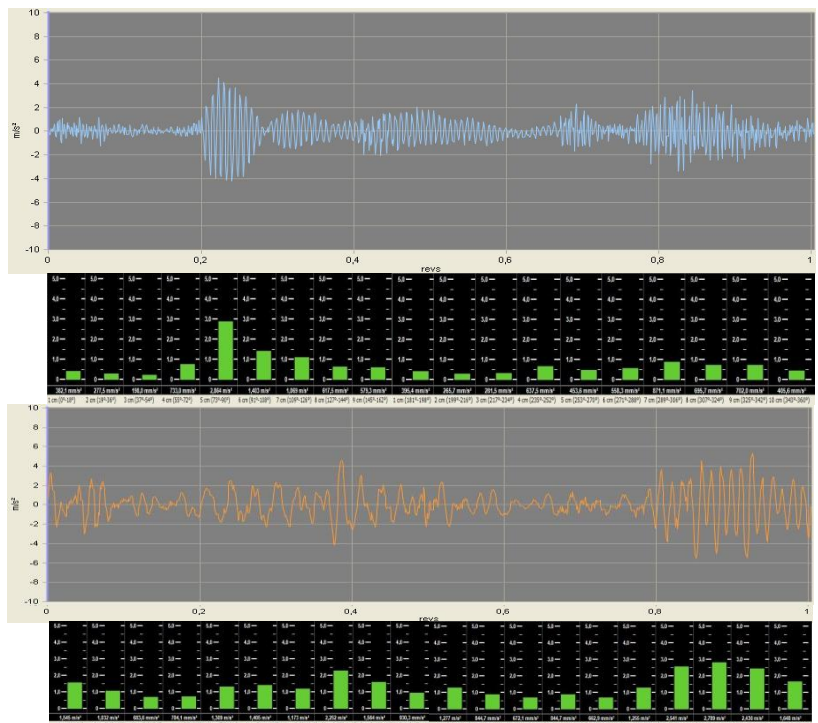


Abbildung 3 Vibrationssignal des Kolbenkompressorzylinders bei einer kompletten Umdrehung der Kurbel. Die Abbildung oben zeigt 20 RMS Vibrationsbandpasssegmente bei Intervallen der Kurbelposition von 18 Grad für den Zylinderkopf. Die Abbildung unten zeigt 20 Segmente für die Kreuzkopfvibration.

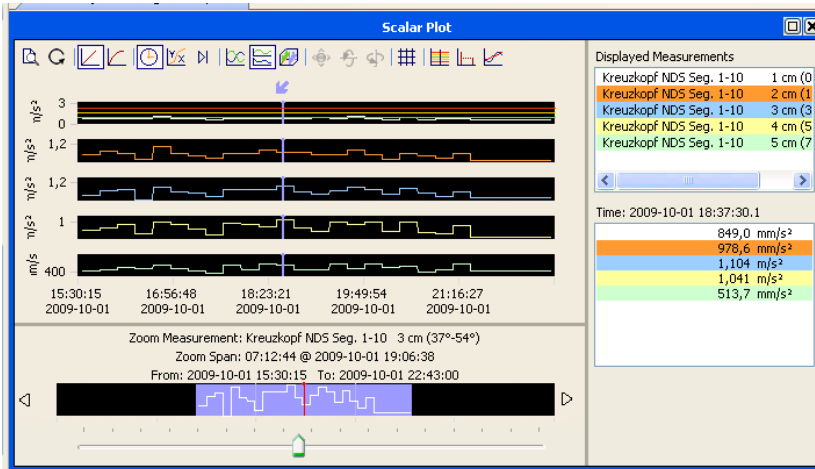


Abbildung 4 Trends der Segmentierten Schwingung für die ersten 5 Segmente

Kompressor ohne größeren Produktionsausfall noch weiterlaufen kann. So können die Wartungsarbeiten kosteneffizient im Voraus geplant werden, ohne dass die Maschine abgestellt werden muss. Die Zustandsüberwachung konzentriert sich auf eine Maximierung der Maschinenbetriebszeit und eine Minimierung der Wartungskosten. Fehler, die typischerweise bei der Zustandsüberwachung erkannt werden, sind Fehler mit einer ausreichenden Vorlaufzeit in Bezug auf Ausfälle und können gut prognostiziert werden.

Die Funktion der Segmentvibrationsüberwachung von Compass 6000™ kann ohne zusätzliche Hardware problemlos ausgerüstet werden.

Sicherheitsüberwachung – Das Ziel der Sicherheitsüberwachung besteht darin, eine Maschine abzuschalten, wenn der Ausfall eines Bauteils droht, was wiederum zu einem Totalausfall der Maschine führen könnte. Eine weitere wichtige Funktion des Sicherheitsüberwachungssystems besteht in der Überwachung der Ausfallmodi von kritischen

Komponenten, die keine oder nur eine unzureichende Vorwarnung haben und daher nicht mit einer typischen Zustandsüberwachungsstrategie überwacht werden können. Dazu zählen Flüssigkeitsübertrag, Bruch von Schrauben/Muttern, Blockade des Kreuzkopf-Kolbenbolzens, fehlende Schmierung etc.

Im Prinzip werden in einer Schutzüberwachung für die Segmentüberwachung weniger Segmente verwendet als für die Zustandsüberwachung, um ein falsches Auslösen aufgrund von sich verändernden Prozessbedingungen zu vermeiden. Bei einem drohenden Ausfall ist die Schwingungsenergie dieser wenigen Segmente für viele Fehler jedoch typischerweise hoch genug, um auch in einer herkömmlichen Schwingungsmessung, die für die gesamte Umdrehung gemittelt wird, erkannt zu werden. Daher hängt der Bedarf einer Segmentierten Schutzüberwachung im Vergleich zu einer herkömmlichen Schwingungsmessung von der spezifischen Anwendung und den Kundenanforderungen ab.

Brüel & Kjær Vibro bietet für die Vibrocontrol 6000® ein Überwachungsmodul für die Segmentierte Schutzüberwachung an.

Technik	Sensortart	Position	Erkennbare Fehler
Segmentierte Schwingung	Beschleunigungs-sensor	Kreuzkopf	Abnutzung oder Schaden an Kreuzkopf, Ventil, Kolbenring, Kolbengelenk, Dichtung, Pleuel, Kolbenbolzen, Flüssigkeitsübertrag
		Zylinderkopf	Wie oben, aber empfindlicher bei Ventil- und Kolbenproblemen und Flüssigkeitsübertrag (für einen langen Zylinder, zum Beispiel, wird dieser Sensor zusammen mit einem Kreuzkopfsensor verwendet)
Kolbenstangen-lage	Wegsensor (manchmal X-Y-Sensoren)	Streckenabschnitt	Abnutzung der Tragringe, Abnutzung des Kreuzkopfs / übermäßiger Spielraum, Pleuelzustand, lose Kolbengelenke, lose Pleuelgelenke oder verschlissene Dichtung

Tabelle 1 Techniken zur Überwachung der Segmentschwingung und Kolbenstangenlage

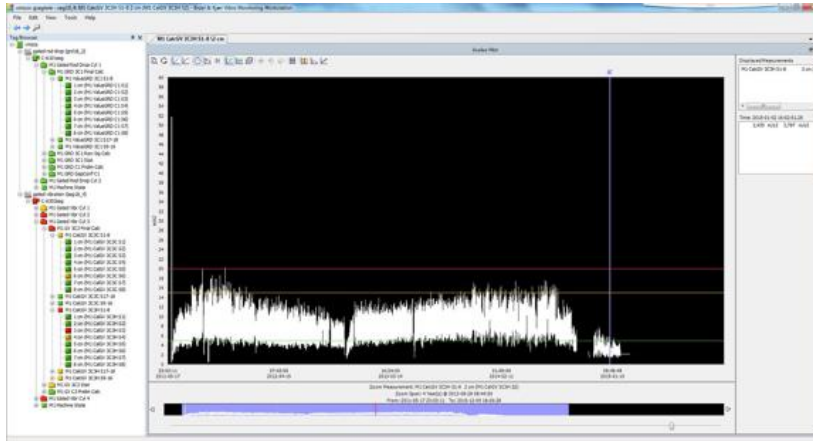


Abbildung 5 Langzeitrends der Segmentschwingung von Segment 2 des 3-He-Zylinders einer 4-Zylinder-Maschine. Das Ventil wurde im Oktober 2014 ausgetauscht.

- **CM-Aufrüstung:** Problemlose Erweiterung von Compass 6000™ ohne zusätzliche Hardware. Es werden dieselben Sensoren wie für herkömmliche Überwachungsanwendungen verwendet.
- **Neuinstallation:** Sensoren für Segmentierte Schwingungsmessung sind problemloser zu installieren und weniger kostenintensiv als Sensoren für andere Zylinderüberwachungstechniken.
- Die Ergebnisse können ohne spezielles Fachwissen interpretiert werden.
- Mehrjährige Erfahrung mit verschiedenen Kompressorarten

Erfahrung im Überwachungsbereich

Brüel & Kjær Vibro hat mehrjährige Erfahrung mit der Überwachung von Segmentschwingung und Kolenstangenlage für unterschiedliche Arten von Kolbenkompressoren, u.a. auch horizontale und vertikale Maschinen. Einige Beispiele von Überwachungsergebnissen sind in Abbildung 5 und 6 zu sehen.

Vorteile und Schlussfolgerung

Segmentierte Schwingungsanalyse und Überwachung der Kolbenstangenlage sind ideale Überwachungslösungen bei der frühzeitigen Erkennung von Zylinderstörungen vor allem bei Kompressoren, für die der Einbau von Ventiltemperatursensoren oder dynamischen Zylinderdrucksensoren nicht machbar ist. Die Segmentschwingungstechnik kann eigenständig verwendet werden oder aber vorzugsweise zusammen mit anderen Methoden zur Zylinderfehlererkennung.

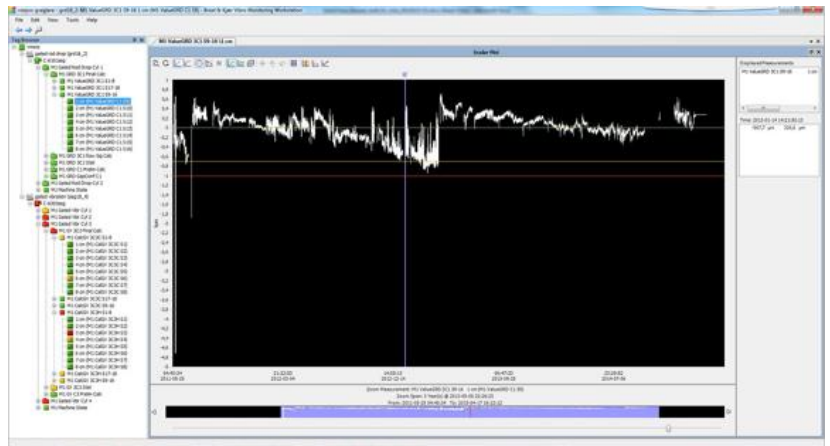


Abbildung 6 Langzeitrend von Kolbenstangenlage von Segment 9 eines 1- oder 2-Zylinder-Kompressors

Zu den Vorteilen der Überwachung von Segmentschwingung und Kolenstangenlage zählen:

- Höhere Genauigkeit und längere Vorlaufzeit für die Erkennung, Diagnose und Prognose von sich entwickelnden Fehlern
- Vielseitigere Erkennung eines breiten Spektrums an Fehlern wie zum Beispiel Ventildichtigkeiten, beschädigte oder verschlissene Kolbenringe, Dichtungen, Kolbengelenken, Pleuel, Kreuzköpfe, Kurbeltrieb, Verschleißringe und Flüssigkeitsüberlauf

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

BAN 0062-DE-11
 Datum: 08.06.2015