



Anwendungsbeispiel

Die Kepstrumanalyse – ein leistungsstarkes Werkzeug zur einfacheren Diagnose von Wälzlager- und Getriebschwingungen

Eine nachbearbeitende Kepstrumanalyse-Berechnung kann mit jedem Standard FFT-Spektrum oder Hüllkurvenspektrum durchgeführt werden. Sie nimmt einen besonderen Platz bei der Vereinfachung der Diagnose von Schwingungen ein, die an Maschinen wie z. B. Getriebe gemessen werden – und meist sehr schwierig zu analysieren sind – oder von Maschinen, die mit Wälzlagern ausgerüstet sind. Das Prinzip ist einfach und die Ergebnisse sind klar und definitiv und lassen dem Diagnostiker keinen Zweifel, was die Ursache der Maschinenstörung ist.

Der Name „Kepstrumanalyse“ entstand durch eine Berechnungsmethode mit einer Funktion, die als „Spektrum eines logarithmischen Spektrums“ oder der rückwärtigen Transformation in den Zeitbereich beschrieben werden kann. Da es im Grunde als ein „Spektrum eines Spektrums“ bekannt ist, wurde der Name abgeleitet, indem man Teile des Wortes Spektrum umdreht. Genau so werden eine Reihe weiterer Ausdrücke für das Kepstrum verwendet, wie

- Quefrenz anstelle von Frequenz
- Rahmonische statt Harmonische, und
- Gamnitude anstatt Magnitude.

Diese Art der Begriffsgestaltung führte in der Praxis dazu, das Kepstrum wie folgt zu bezeichnen:

“Die Quefrenz-Alalyse von Gislalnetrorierender Chaminen ”

Was macht ein Kepstrum?

Die Hauptanwendung eines Kepstrums ist, als eine Art Nachbearbeitungsberechnung zu dienen, um jede harmonische Struktur und die Existenz von Seitenbandfamilien in einem Spektrum zu bestimmen. Beide resultieren aus

regelmäßig auftretenden Schwingungen in Maschinen mit Wälzlagern oder Getrieben.

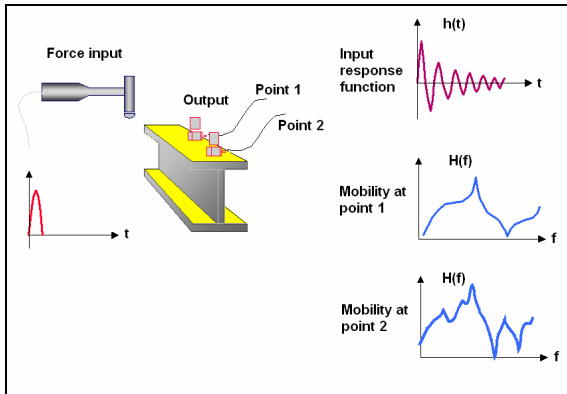
Es ist allgemein bekannt, dass die Position, an der die Spektrumsmessung an einem Objekt erfolgt, auch bestimmt, wie das Spektrum aussieht. Das passiert, weil jede unterschiedliche Position an einer Maschine eine andere Übertragungsfunktion hat. Auf das gesamte Objekt wirken alle Schwingungskräfte ein. Jedoch abhängig davon, wo das Spektrum gemessen wird, kann es eine andere Reaktion und Erscheinungsform hervorrufen.

Dieses Prinzip wird im Bild unten dargestellt.

Was sind die Vorteile eines Kepstrums?

A) Trennung der Auswirkungen von Quelle und Übertragungsweg

Die Beweglichkeit eines Messpunktes hat einen direkten Einfluss auf das Erscheinungsbild im Spektrum, das an diesem Punkt gemessen wird.



Die Lage des Messpunktes ist bei einer Kepstrummessung nur von minimaler Bedeutung, da das Kepstrum das Spektrum nach dem Vorhandensein von Komponenten mit gleichmäßigem Frequenzabstand sucht. Es werden die Proportionen des Spektrums – und nicht das Spektrum als Ganzes – betrachtet. Im praktischen Beispiel unten kann man sehen wie der Übertragungsweg und die Quelle die Tendenz haben, sich im Kepstrum zu separieren.

Bild 1: Auswirkung unterschiedlicher Beweglichkeiten auf das Spektrumbild

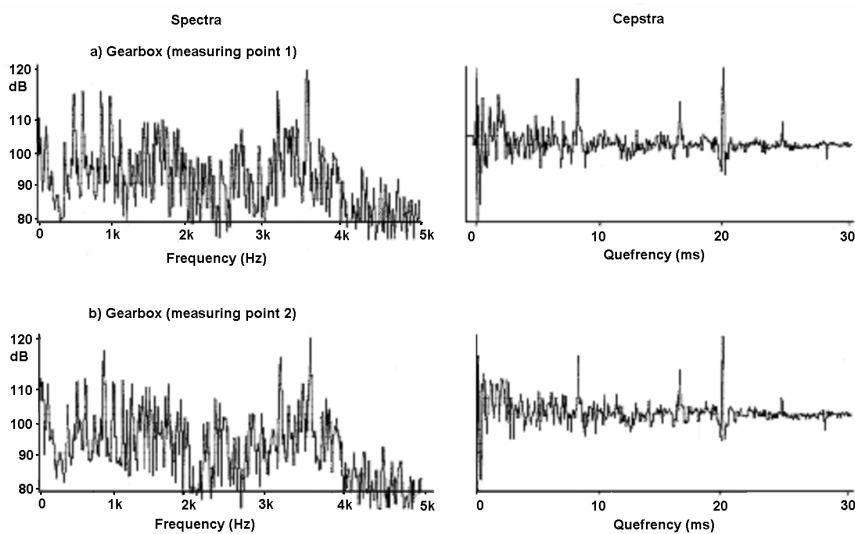


Bild 2: Trennung von Quelle und Übertragungsweg

Die beiden FFT-Spektren oben sind sich in ihrer Erscheinungsform sehr ähnlich mit nur wenigen Ausnahmen, z. B. im Bereich zwischen 2 kHz und 3 kHz. Hier wechseln sich Spitzen und Täler ab, zusätzlich sind auch die Amplituden der einzelnen Spitzen unterschiedlich.

In den dazugehörigen Kepstren sind jedoch in beiden Fällen alle wichtigen Spitzen, die harmonische Familien repräsentieren, vorhanden und die Amplituden der Spitzen sind auch gleich. Nur bei den unwichtigen Quefrequenzen sind die beiden Kepstren unterschiedlich.

B) Erkennung von Periodizitäten

Eine der ersten Eigenschaften, nach denen wir im FFT-Spektrum automatisch – fast unterbewusst – suchen, ist das Auftreten von harmonischen Signalanteilen, einfach deshalb,

weil sie normalerweise leicht zu erkennen sind. Jedoch ist es in einem komplexen FFT-Spektrum oft fast unmöglich, solche Verhältnisse zu sehen.

Da das Kepstrum insbesondere auf diese Verhältnisse schaut, bietet es Unterstützung in diesen Fällen. Daher ist das Kepstrum nützlich, um Fehler von geschädigten Wälzlagern und Zahnrädern zu detektieren.

Das nachstehende Bild zeigt diese einzigartige Eigenschaft des Kepstrums. Eine auftretende Periodizität im Zeitsignal, wie sie bei Getriebe- und Wälzlagerschäden auftritt, erzeugt im FFT-Spektrum Amplituden mit gleichem Frequenzabstand. Nach Durchführung der Kepstrum-Berechnung hat man nur eine Linie pro Harmonische oder Seitenbandfamilie.

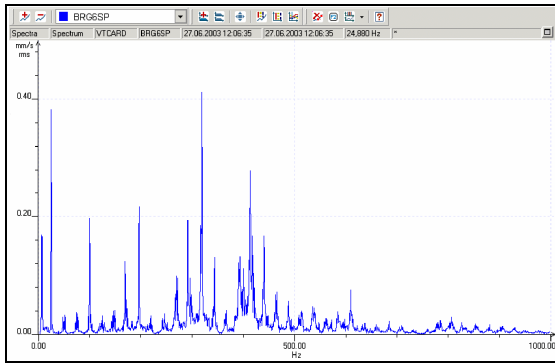


Bild 3: Ein Standard FFT-Spektrum zeigt eine auftretende Periodizität

Das obere Bild zeigt das Spektrum einer Maschine mit einem fehlerhaften Wälzlager und harmonischen Seitenbändern. Das daraus berechnete Kepstrum in Bild 4 unten liefert die Bestätigung, dass die Aktivität tatsächlich harmonisch ist, wie es durch die einzelne dominierende Linie bei der Queffenz von ca. 40 ms angezeigt wird.

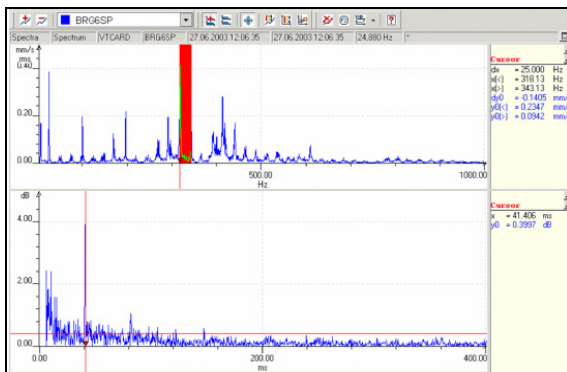


Bild 4: Das Original FFT-Spektrum (oben) und das entsprechende Kepstrum (unten)

Sogar im Fall von deutlich unterschiedlichen FFT-Spektren werden die Spektren durch die Kepstrum-Berechnung nur auf das Vorhandensein von harmonischen Aktivitäten untersucht.

Bild 5 zeigt zwei verschiedene Zeitsignale und ihre entsprechenden FFT-Spektren. Das obere Zeitsignal hat seine maximale Größe bei der maximalen Frequenz, während es beim unteren Zeitsignal umgekehrt ist, d.h. die maximale Größe liegt bei der kleinsten Frequenz. Der Effekt hieraus kann deutlich im zugehörigen Standard FFT-Spektrum gesehen werden.

Das Kepstrum zeigt jedoch, dass die harmonische Aktivität in jedem der beiden Signale gleich ist und bestätigt, dass das Kepstrum nur auf das Vorhandensein von Aktivitäten der Seitenbänder/Harmonischen reagiert und nicht auf Phasenbeziehungen.

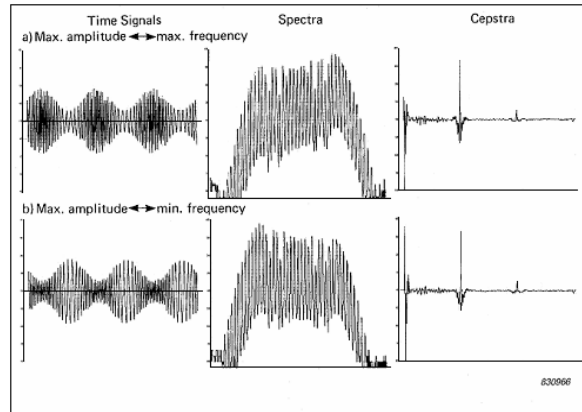


Bild 5: Das Kepstrum konzentriert sich auf wiederholende Ereignisse im Zeitsignal

Zusammenfassung

Die Kepstrumanalyse kann folglich als besonders vorteilhaft für die folgenden zwei Aufgaben der Schwingungsüberwachung und -analyse genannt werden:

Zur Fehlererkennung

- Sie ist ein sensibles Maß für das Vorhandensein von Harmonischen/Seitenband-Familien, d. h. ein guter Indikator für Regelmäßigkeiten im FFT-Spektrum
- Die Daten werden auf eine einzelne Linie pro Familie reduziert
- Sie ist unempfindlich gegenüber
 - § dem Messort,
 - § der Phasenbeziehung bei überlagerter Amplituden- und Frequenzmodulation und
 - § der Belastung.

Zur Fehlerdiagnose

- Ermöglicht eine sehr genaue Abstandsmessung
- Kann aus jedem Abschnitt eines Spektrums berechnet werden
- Kann zur Trennung von unterschiedlichen Familien genutzt werden
- Empfindlich gegenüber Zahn- und Schaufelunterschieden, jedoch unempfindlich für gleichmäßige Abnutzung



Mit der passenden Anwendung kann das
Kepstrum die Arbeit des Diagnostikers
einfacherer und sicherer machen wenn es um
die genaue Diagnose eines Fehlers geht, der
möglicherweise die Abschaltung einer Maschine
erfordert.

Brüel & Kjær Vibro A/S
2850 Nærum – Denmark
Tel.: +45 4580 0500
Fax: +45 4580 2937

Brüel & Kjær Vibro GmbH
64293 Darmstadt – Germany
Tel.: +49 (0) 6151 428 1100
Fax: +49 (0) 6151 428 1200

E-mail: info@bkvibro.com
Internet: www.bkvibro.com
BAN0026-EN-11