



Anwendungsbeispiel

CPB-Messungen — Frühe Fehlererkennung mit minimalem Risiko vor falschen Alarmen

Eine wirkungsvolle Schwingungsmessung, die einfach aufzubauen und einzusetzen ist, hat eine gute Reproduzierbarkeit, eine optimale Auflösung und gibt für die automatische Fehlererkennung frühe verlässliche Warnungen über die häufigsten Maschinenstörungen. Die Messung der **Konstanten Prozentualen Bandbreite** oder **CPB** (= Constant Percentage Bandwidth) hat sich über Jahre bewährt und spielt eine wichtige Rolle bei der Zustandsüberwachung für einen breiten Maschinenbereich.

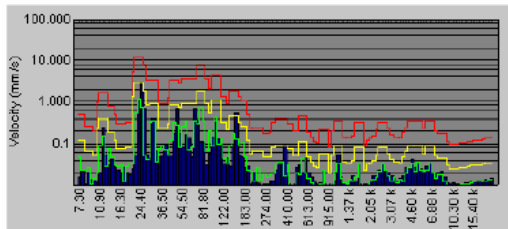


Bild 1: 23%iges CPB-Spektrum mit eingeblendeten Alarmgrenzen

Frühe Fehlererkennung

Die zustandsorientierte Instandhaltung ist die optimale Strategie, um die Lebenshaltungskosten vieler Industriemaschinen zu reduzieren. Jedoch ist eine der grundlegendsten Anforderungen, damit diese Strategie erfolgreich ist, die Fähigkeit, Fehler verlässlich genug ermitteln zu können, um die Kostenrisiken durch falsche Alarme herabzusetzen, damit die Instandhaltung mit minimalen Produktionsunterbrechungen kosteneffektiv im Voraus geplant werden kann.

Schwingungsmessungen bleiben eine der effektivsten Techniken zur Fehlerermittlung und Diagnose der häufigsten Maschinenstörungen. Verschiedene Maschinenstörungen oder mögliche Ausfallarten werden durch bestimmte Frequenzen oder Frequenzbereiche charakterisiert. Diese werden ermittelt und ein Trend gebildet, indem man minutiöse Veränderungen in der Schwingungsgröße bei bestimmten Frequenzen überwacht. Es gibt viele Arten der Schwingungsmessung für verschiedene Anwendungen, allerdings gibt es einen großen Unterschied bei der automatischen Zustandsüberwachung, wie wirkungsvoll diese

zur frühen oder verlässlichen Ermittlung von Veränderungen sind.

CPB zur automatischen Fehlerermittlung

Die Messung der Konstanten Prozentualen Bandbreite CPB wurde speziell zur Fehlerfrüherkennung der häufigsten Maschinenstörungen entwickelt, bei gleichzeitig minimalem Risiko, dass Fehlalarme auftreten. Dies wird durch einen intelligenten Filteralgorithmus ermöglicht, der eine ausreichende Auflösung zur zuverlässigen Erkennung der häufigsten Fehlerarten im gesamten Messbereich bereitstellt.

Die CPB-Messung basiert auf einer konstanten relativen Bandbreite und einer logarithmischen X-Skala – d. h. die Breite jedes Frequenzbandes ist ein festgelegter Prozentsatz der Mittenfrequenz, wie in Bild 2 gezeigt wird. Das bedeutet, die Frequenzauflösung ist relativ hoch bei niedrigen Frequenzen und relativ niedrig bei höheren Frequenzen - und damit ideal für eine zuverlässige frühe Fehlererkennung.



Bild 2: Eine 23%-CPB-Messung von 10 bis 1000 Hz hat 21 Frequenzbänder. In diesem Beispiel hat jedes Band eine Bandbreite, die 23 % der Mittenfrequenz beträgt.



Bei den niedrigen Frequenzen wird eine hohe Auflösung benötigt, um isolierte, schmalbandige, harmonische Signale zu ermitteln, wie sie bei Unwucht, Rotorinstabilität, Versatz und Kupplungsproblemen üblicherweise auftreten.

NIEDRIGE FREQUENZEN (hohe Auflösung)	HOHE FREQUENZEN (niedrige Auflösung)
Typische Fehler:	Typische Fehler:
- Achslager/Wellen	- Getriebe
- Kupplungen	- Wälzlager
	- Resonanzen
	-
Eigenschaften:	Eigenschaften:
- schmalbandige, isolierte Spitzen	- Seitenbandfamilien
- Harmonische	- periodische Impulse

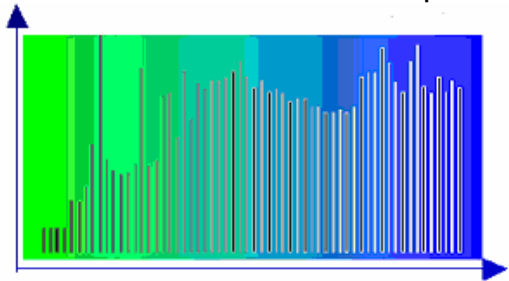


Bild 3: Das CPB hat eine optimale Auflösung zur Ermittlung vieler Arten von Störungen

Am oberen Frequenzende des Spektrums wird eine niedrigere Auflösung benötigt, da dort die periodischen Impulssignale und verteiltes Rauschen erzeugt werden, beispielsweise durch Wälzlagerfehler, Schmierungsprobleme, lokale Getriebezahnprobleme, Schaufelgeräusche und Lecks in den Gasdichtungen.

Das CPB hat eine Frequenzauflösung, die es erlaubt, alle diese Störungen sowohl in den niedrigen als auch den hohen Frequenzregionen automatisch zu ermitteln. Die einfache Darstellung des CPB-Spektrums macht es außerdem zu einem idealen Werkzeug für eine schnelle und schnell zu überblickende Diagnose.

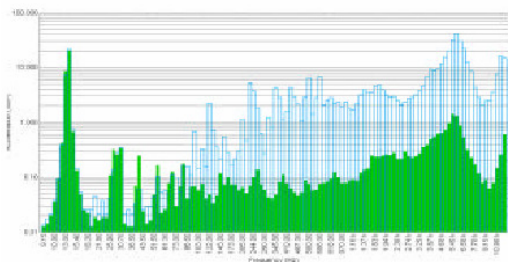


Bild 4: Das 6%ige CPB-Diagramm zeigt erhöhte Mittel- und Hochfrequenzschwingungen, die

durch einen erhöhten Abstand in einem Wälzlager verursacht werden (beachten Sie, dass es eine geringe Änderung in den niedrigen Frequenzen gibt).

Geringes Risiko vor falschen Alarmen durch CPB-Spektren

Das CPB-Spektrum enthält eine Reihe relativ breiter Frequenzlinien oder -bänder, die es erlauben, geringe Änderungen in der Maschinendrehzahl "unterzubringen" ohne das Spektrum wesentlich zu ändern. Die Anzahl der Frequenzbänder und ihre jeweilige Breite kann durch den Benutzer konfiguriert werden, da sie lediglich von der prozentualen Bandbreite abhängt (70%, 23% oder 6%).

Eine größere Anzahl an Bändern bietet die Fähigkeit zu einer sehr feinfühligem Fehlerermittlung (6%), während weniger Bänder (70%, 23%) einen schnelleren Zugriff, eine geringere Analysezeit und weniger Speicherplatz benötigen. Dadurch wird die CPB-Messung für viele verschiedene Anwendungen flexibel.

Für Drehzahländerungen, die größer sind als die Breite der Frequenzbänder, ist es eine einfache Aufgabe, das gesamte Spektrum automatisch in seine Grundposition zu verschieben, damit alle Grundfrequenzen, Harmonischen und Seitenbänder, usw. wieder ausgerichtet werden.

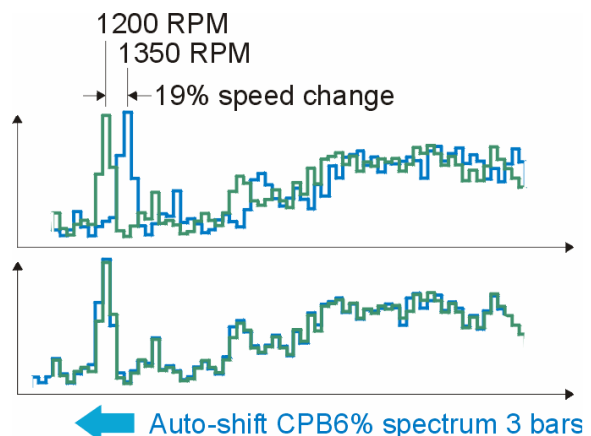


Bild 5: Beispiel einer automatischen Drehzahlgleichsroutine. In diesem Beispiel ist jeder CPB-Balken 6 % breit, somit entspricht eine Drehzahländerung von 19 % einer Verschiebung des gesamten Spektrums um ca. drei Linien.



Andere Schwingungsmessungen für andere Anwendungen

CPB ist die ideale Messmethode zur Fehlerfrüherkennung in Zustandsüberwachungsanwendungen. Es kombiniert den Nutzen anderer Messungen (z. B. FFT, Summenschwingung), die sonst für völlig unterschiedliche Zwecke verwendet werden.

Wie das CPB-Spektrum auch ist die Messung der Summenschwingung schnell, reproduzierbar und stabil, und sie ist „immun“ gegen kleine Frequenzschwankungen. Dies ist ideal für die Schutzüberwachung – jedoch mangelt es an Frequenzinformationen, die zur frühen Fehlererkennung in diagnostischen Überwachungsanwendungen benötigt werden.

Die Schwingungssignatur vieler Fehler zeigen schmalbandige Amplituden (Spitzen) bei bestimmten Frequenzen, und der proportionale Energiebeitrag solch einer Störung in der Summenschwingung ist sehr klein im Verhältnis zum gesamten breitbandigen Energiegehalt. Das bedeutet, dass ein gut entwickelter Fehler den Summenwert möglicherweise nur gering ansteigen lässt. Um dennoch den Fehler zu detektieren, müssen mehr einzelne, regelmäßige Messungen in einer Offline-Überwachungsanwendung durchgeführt werden.

Anders als der Summenwert, enthält das FFT-Spektrum eine große Menge an diagnostischen Informationen. FFT-Spektren sind ideal zur Analyse und Diagnose einer breiten Vielzahl von

Störungen. Allerdings reagiert es auch sehr empfindlich auf Prozess- und Drehzahländerungen. Eine geringfügige Änderung der Maschinendrehzahl kann zu deutlichen Änderungen im FFT-Spektrum führen.

Aus diesem Grund kann es schwierig sein, ein schmales Überwachungsband in einem FFT-Spektrum einzustellen, ohne das Risiko für falsche Alarmerhöhung zu erhöhen. Das FFT-Spektrum benötigt auch mehr Zeit und mehr Mittelungen als eine CPB-Messung, um die gleiche Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, was bei Offline-Überwachungsanwendungen ungünstig sein kann.

Zusätzlich zum FFT-Spektrum gibt es andere Messarten, die zur Diagnose und Analyse geeignet sind, wie:

- **Selektive Hüllkurvenanalyse SED (= Selective Envelope Detection)** – Analysiert modulierte hochfrequente Nebengeräusche und Stöße auf Wälzlager
- **Kepstrum** – Analysiert Harmonische und Seitenbandfamilien, die z. B. durch Getriebefehler erzeugt werden
- **Orbit** – Zwei um 90° versetzte berührungslose Wegsensoren zur Messung der relativen Wellenschwingung und des Wellenverhaltens

Zusammenfassung

Das CPB-Spektrum ist eine der verlässlichsten, stabilsten und wirtschaftlichsten Methode, um einen breiten Bereich an Maschinenfehlern in einem frühen Stadium der Entwicklung zu ermitteln. Es hat eine gute Reproduzierbarkeit mit einer optimalen Auflösung und sollte deshalb als ein „Standard“ bei der Fehlerfrüherkennung Anwendung finden.