



Ordnungsanalyse und Frequenz-Zeit-Analyse

Anwendungsgebiete und Motivation

In unserem Alltag sind motorische Versteller und Antriebe so selbstverständlich geworden, dass wir sie fast gedankenlos einsetzen. Diese Selbstverständlichkeit wird unter anderem dadurch erreicht, dass die Hersteller dieser Komponenten für akustisch unauffällige Funktion sorgen. Sobald uns ein Betriebsgeräusch überrascht, werden wir uns als Anwender der Nutzung bewusst und stellen die mechanische Qualität in Frage.

Die akustische Prüfung von Produkten dient zum Einen der Einhaltung von Geräuschstandards, ermöglicht aber auch die Erkennung von Geräuschursachen und kann die Grundlage zur konstruktiven Optimierung von Motoren, Lagern, Getrieben und Steuerungseinheiten bilden.

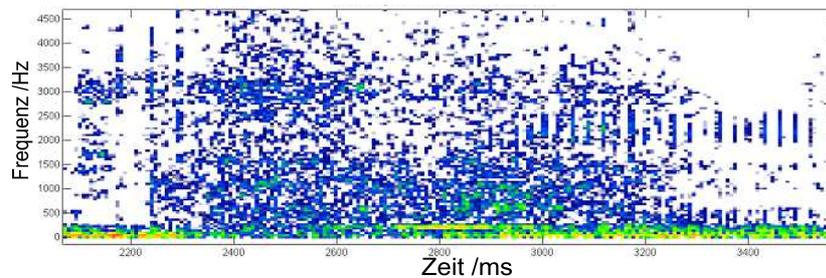


Abbildung 1: Zeit-Frequenzdarstellung eines ratternden Elektroantriebs

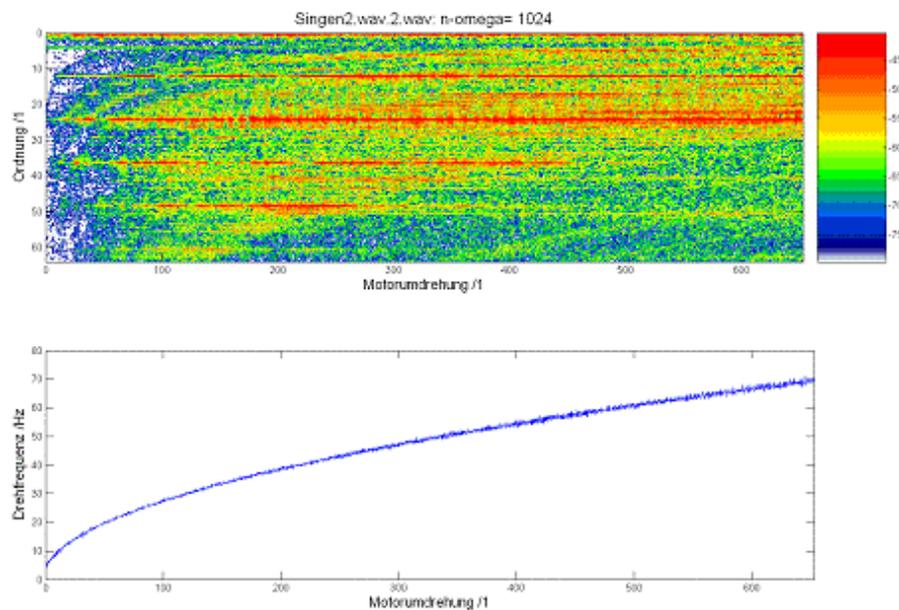


Abbildung 2: Ordnungsspektrogramm und Drehfrequenzverlauf eines Elektroantriebs

Frequenz-Zeit-Analyse

Nichtstationäre Signale verändern eine oder mehrere Eigenschaften über der Zeit. Eine einmalige Frequenzanalyse gibt lediglich Auskunft über die Signaleigenschaften, die für den analysierten Zeitraum im Mittel gelten. Mehr Information wird gewonnen, wenn in regelmäßigen aufeinanderfolgenden Abständen eine Frequenzanalyse durchgeführt wird. Die Ergebnisse erhalten durch den Zusammenhang mit der Zeit eine zusätzliche Dimension.

Pseudo-3-D-Darstellungen bei denen die dritte Dimension z.B. durch Farben codiert ist, bieten eine perspektivisch nicht verzerrte Darstellung in denen Details gut erkennbar sind. Diese Frequenz-Zeit-Darstellung, meist Spektrogramm oder Sonogramm genannt, skaliert die Zeit-Achse linear und die Frequenzachse linear oder logarithmisch. Die dritte Dimension „Pegel“ wird durch Farben codiert. Meist werden hohe Pegel durch warme Farben, niedrige Pegel durch kalte Farben dargestellt.

Je nach Geschwindigkeit mit der zeitlichen Veränderung durch Laständerung, Steuerungszeiten und andere Einflüsse sowie abhängig von spektralen Besonderheiten der Signale sind Parameter für die Signalanalyse zu wählen, die zeitliche Auflösung und Frequenzauflösung beeinflussen.

In Abbildung 1 sind Geräuschmuster erkennbar, die sich durch spektrale Zusammensetzung, zeitliches Auftreten, oder eine Kombination ergeben. In der rechten Bildhälfte ist ein regelmäßiges „Streifenmuster“ erkennbar: im Bereich 2000 Hz bis 2500 Hz treten kurze Impulse auf, die einen zeitlichen Abstand von konstant 30 ms haben.

Solche Auffälligkeiten können bei konstanter Antriebsdrehzahl Rückschlüsse auf Motor und Getriebe erlauben, da üblicherweise Drehzahlen und Übersetzungsverhältnisse bekannt sind. Im dargestellten Fall handelt es sich allerdings um einen Antrieb mit variabler Drehfrequenz. Die zeitlich regelmäßigen Muster können nicht durch mechanische Komponenten verursacht werden. Als Verursacher kann die Antriebssteuerung mit ihrem Regelverhalten in Frage kommen, oder auch Rückwirkungen von angekoppelten Systemen.

Ordnungs-Analyse

Die Ordnungsanalyse kann ähnlich wie die Spektralanalyse als mittleres Ordnungsspektrum, oder als Ordnungsspektrogramm berechnet und dargestellt werden. Jedoch wird das zu analysierende Signal vor der Analyse umskaliert. Das zeitdiskret digitalisierte Signal wird unter Zuhilfenahme der zeitgleich erfassten Drehwinkelinformation des gemessenen Produktes in den Drehwinkelbereich transformiert, d.h. drehwinkelsynchron nachabgetastet. Eine anschließend durchgeführte Fast-Fourier-Transformation skaliert nun nicht mehr über den Kehrwert der Zeit, sondern über dem Kehrwert des Drehwinkels – ermöglicht also eine Aussage darüber, wie oft je Umdrehung ein Ereignis angeregt wird. Eine zweimalige Anregung je Umdrehung erzeugt eine Geräuschkomponente zweiter Ordnung.

Die Qualität der Analyseergebnisse hängt stark von der Güte der Drehwinkel Erfassung ab. Je höher die Drehwinkelbeschleunigung bei der Messung, desto feiner muss auch der Drehwinkel messtechnisch aufgelöst werden.

In der oberen Bildhälfte von Abbildung 2 sind die Pegel der Ordnungen durch Farben codiert, in der unteren Bildhälfte ist der Drehzahlverlauf dargestellt. Die x-Achse ist nicht zeitäquidistant, sondern drehwinkeläquidistant. Deutlich erkennbar sind hohe Pegel bei Vielfachen der zwölften Ordnung. Ein Funktionsmodell des Antriebs ermöglicht Rückschlüsse auf die Ursache dieser starken Geräuschkomponenten. Aus Ergebnis-

sen der Ordnungsanalyse kann bei Kenntnis der Teilungsverhältnisse in Getrieben, bzw. des mechanischen Aufbaus und der Funktionsweise von Motoren die Ursache von dominanten Geräuschkomponenten bestimmt werden.

Sind Ursachen von Geräuschen, bzw. auffälligen oder störenden Geräuschkomponenten bekannt, kann schnell und zielgerichtet optimiert werden.

Seminar „Akustische Qualitätsprüfung – Verfahren und Anwendungen“

Produkte, die während der Benutzung Schwingungen oder Geräusche erzeugen, müssen leise und angenehm klingen und dürfen keine störenden Schwingungen abstrahlen. Bei vielen Produkten lässt sich aus dem Geräusch die Funktionsfähigkeit beurteilen. Geräusche und Klänge geben zudem Aufschluss, ob ein Produkt fehlerfrei ist. Die Schwingungs- und Geräuschprüfung oder die Resonanz- und Klanganalyse sind bewährte Methoden zum Nachweis der Erfüllung von Qualitätsforderungen.

In Kooperation mit der DGAQS-Akademie führen wir das 2-tägige Basisseminar „Akustische Qualitätsprüfung - Verfahren und Anwendungen“ in Karlsruhe durch. Aufgrund der starken Nachfrage bieten wir dieses Seminar erneut an:

neue Seminartermine:

21.-22.10.2004 in Karlsruhe

09.-10.11.2004 in Karlsruhe

Einsatz bildgebender Verfahren in der zerstörungsfreien Produktprüfung

Produkte die in einem Metallgussprozess hergestellt werden haben häufig äußerlich nicht erkennbare Fehler. Lunker, Lufteinschlüsse und Gushäute können Festigkeit und Lebensdauer des Produkts reduzieren. Mit radiologischen Verfahren können kritische Werkstückbereiche durchleuchtet und äußerlich nicht sichtbare Materialstörungen exakt vermessen werden.

Ist die Lage, Größe und der räumliche Verlauf von Gießfehlern bekannt, kann der Gießer den Gießprozess optimieren, um Größe und Häufigkeit von Fehlern zu minimieren. Bei optimaler Einstellung stabiler, beherrschter Prozesse kann die Produktprüfung in der Serie reduziert werden.

Zusammen mit unseren Partnern bieten wir die Untersuchung von Musterteilen mittels CT-Analyse als Dienstleistung an. Zum Einsatz kommen modernste CT-Analysatoren der Fa. Siemens. Fehler können mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 0,1 mm visualisiert werden.

Musikalischer Fingerabdruck der berühmten Gloriosa

Der Inbegriff guten Glockenklangs, die 11,5 Tonnen schwere Erfurter Gloriosa (Mariendom Erfurt), die im Jahr 1497 gegossen wurde, wurde vor wenigen Tagen zum Glockenschweißwerk Lachenmaier gebracht. Die Glocke hat einen Riss und muss nun fachmännisch repariert werden.

Nach der Reparatur wird von der Glocke ein musikalischer Fingerabdruck von uns ermittelt, damit in Zukunft durch Vergleichsmessungen Risse frühzeitig erkannt werden können.