

Primäre Schwingungs-Kalibrierung mittels Laser-Interferometrie

Anforderungen, Herausforderungen und erste Experimente mit einem neuen Kalibriersystem

In den vergangenen Jahren wurden die bis dato gültigen Kalibrierstandards für Schwingungs- und Schock-Sensoren vollständig überarbeitet. Ergebnis dieser Aktivitäten ist eine neue Reihe von ISO-Normen „Methods for the calibration of vibration and shock transducers, ISO16063-xx“.

VON UWE BÜHN UND HOLGER NICKLICH SPEKTRA GMBH DRESDEN.

Diese Überarbeitung wurde einerseits angestoßen durch neue Anforderungen aus der zunehmenden internationalen und weltweiten Zusammenarbeit, sowie andererseits durch die Möglichkeit neue Technologien einzusetzen bzw. die aktuellen Fortschritte in bewährten Technologien aufzugreifen. Für die Kalibrierung von Schwingungssensoren wird in der Praxis am häufigsten auf die Methode der Sekundär-Kalibrierung gemäß ISO 16063 Teil 21 zurückgegriffen. Hierbei wird das zu prüfende System mit einem als Referenz-Standard dienenden Beschleunigungssensor verglichen. Dieser Referenz-Standard muss zuvor auf übergeordneter Ebene kalibriert worden sein, z. B. durch Primär-Kalibrierung bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Laser-interferometrische Kalibrierung

In Teil 11 des neuen ISO-Standards werden Laser-interferometrische Methoden für die Primär-Kalibrierung beschrieben. Hierbei werden die unbekannten Messgrößen – Beschleunigung, Schwinggeschwindigkeit, Schwingweg – direkt auf die Wellenlänge des Laserlichtes zurückgeführt. Im ISO Standard werden verschiedene Primär-Kalibrier-Methoden beschrieben. SPEKTRA hat eine Primär-Kalibrier Option in das SPEKTRA Kalibrierungssystem integriert, die auf der im ISO Standard beschriebenen „Sinus-Approximations-Methode“ (Methode 3) basiert.

Diese Methode zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl große Bandbreiten im Frequenz- und Amplitudenbereich zur Verfügung stehen, als auch Amplituden und Phasenmessung gleichzeitig möglich sind.



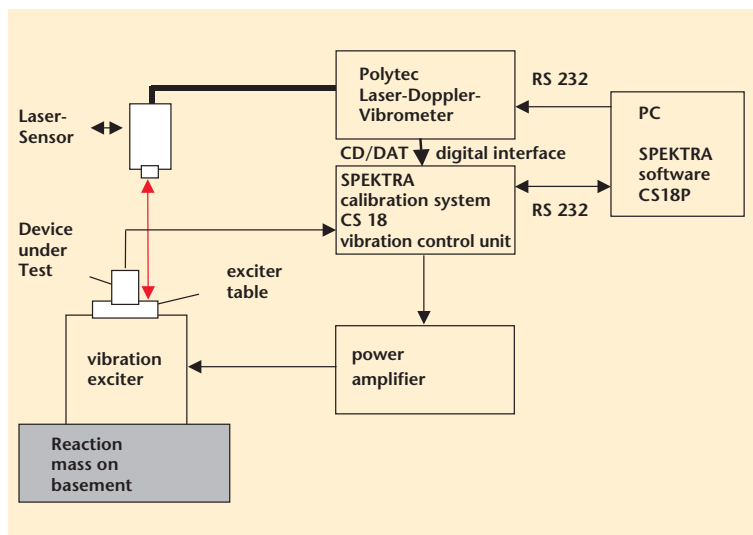
Aufgrund der hohen Genauigkeit von Interferometern kann eine Primär-Kalibrierung mit sehr geringer Messunsicherheit erwartungsgemäß mit angemessenem Aufwand bewerkstelligt werden.

Aufgrund der fortschreitenden günstigen Preisentwicklung für die benötigten Komponenten werden zukünftig solche Systeme nicht nur in den nationalen Metrologie-Laboratorien anzutreffen sein, sondern zunehmend auch in akkreditierten, hoch spezialisierten, Industrie-Kalibrierungs-Laboratorien.

Um allen Anforderungen des ISO-Standards 16063-11 zu genügen, ist es erforderlich ausschließlich erstklassige Komponenten zu verwenden. Das Laser-Doppler-Vibrometer ist zweifellos die zentrale Komponente zur Durchführung der Primär-Kalibrierung. SPEKTRA hat in sein Kalibriersystem erfolgreich ein voll digitales Polytec Laser-Doppler-Vibrometer implementiert.

Der Schwingungserreger erzeugt eine definierte mechanische Anregung und überträgt diese auf das zu testende System (DUT, device under test). Der Aufbau ist so zu konzipieren, dass es über große Frequenz- und Amplitudenbereiche nur zu sehr geringen transversalen und taumelnden Stör-Bewegungen kommen kann. Dies ist in der Tat eine große Herausforderung in der praktischen Umsetzung, da es nicht einfach ist, ein mechanisches Anregungssignal ausschließlich in der gewünschten Bewegungsrichtung zu erzeugen.

Auf den ersten Blick scheint es beim Aufbau eines Kalibriersystems allein auf die Kombination eines sehr guten Schwingungserregers mit einem ausgezeichneten Laser Doppler Vibrometer und einem präzisen Voltmeter anzukommen. Eine genauere Prüfung ergibt jedoch, dass erhebliche Zusatzanstrengungen erforderlich sind.



Blockdiagramm des Kalibriersystems

Anforderungen an die Komponenten

Im folgenden sind die zu kontrollierenden Komponenten und Parameter sowie die in der Praxis erreichbaren Werte aufgelistet.

- Stabilität und Unsicherheit der Anregungsfrequenz: $\pm 0.05\%$
- Stabilität und Unsicherheit der Beschleunigung: $\pm 0.05\%$
- Oberwellenfaktor (Total Harmonic Distortion THD): $< 2\%$
- Transversal-, Kipp- und Taumelbewegungen: für $f < 10$ Hz: $< 1\%$, für $f > 10$ Hz: $< 10\%$
- Spannungserzeugung / Messung: $< 0.1\%$
- Kontrollierte Umgebungsbedingungen: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Schall
- Schwingungsisolierung zwischen Vibrometer und Schwingungserreger
- Laser Interferometer: digitale Signalauskopplung, Wahl der Messpunkte
- Kombination der Komponenten: Synchronisierung der Signale
- Abhängigkeit der Genauigkeit der Sinus Approximation von der Sample-Zahl.

Fazit

Die Integration der Komponenten ist eine Optimierungsaufgabe bei der die Anforderungen an das Gesamtsystem und die individuellen Anforderungen an jede Teilkomponente betrachtet werden müssen. Dies geschieht unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den Komponenten, um die Messunsicherheit beim Kalibriervorgang auf den geringst möglichen Wert zu reduzieren.

Die vollständige, englische Fassung dieses Beitrages kann bei Polytec angefordert werden.

KONTAKT

Dr.-Ing. Holger Nicklich

SPEKTRA Schwingungstechnik
und Akustik GmbH Dresden
Gostitzer Straße 61 – 63
D-01309 Dresden, Germany

Telefon +49 (0) 3 51-4 00 24-0

Telefax +49 (0) 3 51-4 00 24-99

E-Mail Holger.Nicklich@
spektra-dresden.de
www.spektra-dresden.de

Weitere Infos unter: Lm@polytec.de

