

Abb. 1: Schwingungserreger SE-R101 für sehr hohe Beschleunigungen



Charakterisierung von Beschleunigungsaufnehmern

Schwingungserreger für sehr hohe Beschleunigungen

Schaut man sich die für die Kalibrierung bzw. Charakterisierung von Beschleunigungsaufnehmern geeigneten Schwingungserreger an, dann stellt man fest, dass die maximal erreichbaren Beschleunigungsamplituden bauartbedingt auf ca. 100 gn (1.000 m/s^2) begrenzt sind. Oberhalb dieser Grenze werden für gewöhnlich Stoßerreger eingesetzt, um noch höhere Beschleunigungsamplituden zu erreichen. Letztere haben jedoch den Nachteil, dass der Stoß auch hochfrequente Anteile beinhaltet, die den Beschleunigungsaufnehmer in der Nähe seiner Resonanzfrequenz anregen können und damit zu ungenauen, schwer vergleichbaren Ergebnissen oder sogar zu seiner Zerstörung führen können.

Wie lassen sich dann aber Beschleunigungsaufnehmer für die Messung hoher Beschleunigungen in ihrer Amplitudenlinearität charakterisieren oder sogar bei hohen Amplituden kalibrieren, die nicht für die Messung stoßförmiger Signale entwickelt wurden? So zum Beispiel Sensoren, die sich wegen ihres hohen Gewichts oder ihres eingeschränkten Frequenzganges nicht für die Stoßkalibrierung eignen. Und ließen sich nicht auch Beschleunigungsaufnehmer, die für die Messung transients Stoßereignisse gedacht sind, besser durch eine sinusförmige Anregung mit ausreichend hoher Beschleunigung kalibrieren anstatt mit Stößen? Es scheint hier eine Lücke bei den Schwingungserregern im Bereich hoher Beschleunigungen zu geben, die solche Messungen bisher nicht erlaubte.

Mit dem SE-R101 hat SPEKTRA bereits im letzten Jahr einen Schwingungserreger für Beschleunigungen bis 400 gn (4.000 m/s^2) auf den Markt gebracht (siehe Abb. 1). Versucht man bei elektrodynamischen Schwingungserregern normalerweise Resonanzen zu vermeiden, so wurde bei diesem Erreger genau der andere Weg beschritten und die Resonanz bewusst ausgenutzt, um eine möglichst hohe

Beschleunigung zu erreichen. Dazu wird der Schwingkopf an drei einstellbaren Federn befestigt und bildet so einen Einmassenschwinger mit veränderbarer Resonanzfrequenz. Regt man den Schwingungserreger nun genau in der jeweils eingestellten Resonanzfrequenz an, lassen sich mühelos große Beschleunigungen erreichen, ohne dass dazu eine große elektrische Leistung in den Erreger eingespeist werden muss. Eine zu große elektrische Antriebsleistung könnte zu einer unerwünschten Erwärmung des Prüflings führen. Durch die Federeinspannung werden zudem Querschleunigungen des Schwingkopfes im Arbeitsbereich des SE-R101 sehr gering gehalten. Ein internes Bezugsnormalel vermeidet zudem mechanische Instabilitäten und Base-Strain Effekte, wie sie bei solch hohen Beschleunigungen bei der Verwendung von Back-to-Back-Bezugsnormalen auftreten können.

So lässt sich dieser Schwingungserreger nicht nur zu Untersuchungen der Schwingfestigkeit kleiner Bauteile einsetzen sondern auch zur Kalibrierung gemäß Vergleichsverfahren (Sekundärkalibrierung) oder zur Absolutkalibrierung mittels Laservibrometer (Primärkalibrierung).

Will man noch höhere Beschleunigungen erreichen, kommt man mit dem Funktionsprinzip des SE-R101 sowohl an konstruktive Grenzen, als auch an Grenzen der Handhabbarkeit des Schwingungserregers. Als Alternative bietet sich dann die resonante Anregung eines Stabes in seiner Längsachse an. Grob betrachtet bildet der Stab hier die Feder und der Prüfling die schwingende Masse. Zur Anregung des Stabes wird dieser mit einem Ende auf einem Schwingungserreger befestigt während am anderen Ende der Prüfling befestigt wird. Die Resonanzfrequenz des Systems ergibt sich im Wesentlichen aus der Elastizität des Stab-Materials und der effektiv schwingenden Masse von Prüfling und Stab. Sie

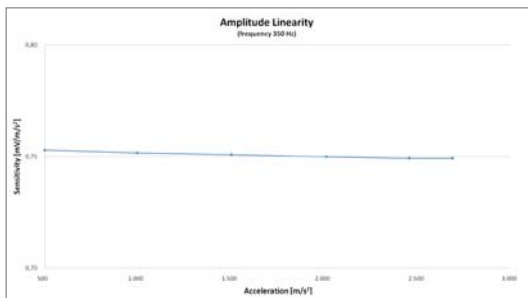


Abb. 4: Untersuchung der Amplitudenlinearität auf einem SE-R101

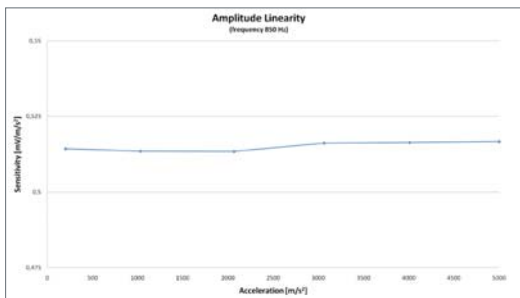


Abb. 5: Untersuchung der Amplitudenlinearität auf einem SE-R102 Stabresonator



Kontakt:
SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden
 Gostritzer Str. 61
 01217 Dresden
 Dr. Holger Nicklich
 Tel.: +49-351-400-24-0
 Fax: +49-351-400-24-99
 E-Mail: sales@spektra-dresden.com
www.spektra-dresden.com

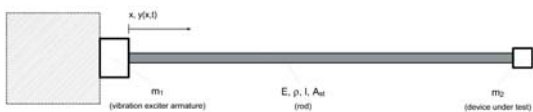


Abb. 2: Prinzipskizze SE-R201 Schwingungserreger
 Quellen: SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden

ist bei gegebenem Stabmaterial somit nur beschränkt über die Stablänge bzw. Zusatzmassen einstellbar.

Ein Anwendungsbeispiel ist die Kalibrierung einer telemetrischen Beschleunigungsmesskette mit einem Sensor von ca. 230 Gramm Gewicht, der zur Messung von Beschleunigungen an rotierenden Wellen eingesetzt wird (siehe Abb. 3). Ziel war es neben einer Kalibrierung der Messkette auf einem konventionellen Schwingungserreger, diese auch im Bereich sehr hoher Beschleunigungen bezüglich ihrer Amplitudenlinearität zu überprüfen. Hierzu wurde auf einem SE-R101 die Beschleunigung bei einer Frequenz von ca. 350 Hz schrittweise bis auf 270 gn (2.700 m/s²) erhöht (siehe Abb. 4). Die Messungen zeigten sehr gute Ergebnisse mit Änderungen der Sensorempfindlichkeit kleiner 0,5%.



Abb. 3: Prüfling montiert auf dem Schwingungserreger SE-R101
 Fotos: SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden

Um noch höhere Beschleunigungen zu erzielen, wurde der Sensor auf einem Stabresonator SE-R201 befestigt und bei ca. 850 Hz bis zu 500 gn (5.000 m/s²) beschleunigt (siehe Abb. 5). Auch hier veränderte sich die Sensorempfindlichkeit um nicht mehr als 0,5%.

Die obigen Messungen zeigen, dass die neuen SPEKTRA Schwingungserreger SE-R101 und SE-R201 eine Lücke füllen, die zwischen den mäßigen Beschleunigungen konventioneller Schwingungserreger für die Sinuskalibrierung und den Stoßerregern für hohe Beschleunigungen existierte. Sensoren, die zwar für hohe Beschleunigungen ausgelegt sind, aber aufgrund ihres Gewichtes oder des eingeschränkten Frequenzganges nicht für die Kalibrierung auf Stoßerregern geeignet sind.

Die Hochbeschleunigungs-Schwingungserreger könnten auch eine interessante Alternative für die Kalibrierung von Stoßsensoren z.B. für Crash-Tests im Automobil-Bereich sein. Erstmals können sinusförmige Beschleunigungen in metrologischer Qualität bis zu Amplituden von 1.000 gn (10.000 m/s²) erzeugt werden. Die Sensoren ließen sich so über ihren gesamten Amplitudenbereich kalibrieren, ohne das die für transiente Beschleunigungen (Stoß-) typischen Probleme der mangelnden Vergleichbarkeit von Kalibrierungen auf verschiedenen Stoßerregern entstehen können. Eine Kalibrierung des Sensors bei mittleren Beschleunigungsamplituden kombiniert mit einer Untersuchung der Amplitudenlinearität bei hohen Amplituden an einer sinnvoll gewählten Frequenz, könnte hier die Eigenschaften des Sensors wesentlich besser beschreiben, als eine Stoßkalibrierung. Die Möglichkeiten dieser Schwingungserreger sind also noch längst nicht ausgeschöpft. Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet können noch andere interessante Anwendungen zu Tage fördern.