

Jenseits der Positionierung

Neue Anwendungstrends



Inhalt

Neue Anwendungsgebiete jenseits der Positionierung	3
Anwendung von Piezoaktoren in der Prüftechnik	3
Piezo-Schwingungsanregung	3
Piezo-Stoßanregung	4
Kalibrierung, Qualitätsprüfung von Beschleunigungssensoren	4
Motion Control	5
Aktive oder adaptive Tilger	5
Aktive oder adaptive Neutraliser	5
Inertialmassen-Erreger	6
Aktives, adaptives Lager	6

Neue Anwendungsgebiete jenseits der Positionierung

Im Rahmen von Mechatronik und Motion Control erweitert sich das ursprüngliche Anwendungsgebiet der Piezoaktoren. Neben der hochgenauen Nanopositionierung (z.B. kohärente Optik und Halbleiterfertigung) finden Aktoren nun auch als Betätigungselement mit besonderem Augenmerk auf Dynamik und Kraftentwicklung Anwendung.

Beispiele dafür sind:

- Schnelle Ventilantriebe
- Piezo-Injektoren
- Hydraulische Hochdruckpumpen
- Körperschallanregung
- Miniaturisierung (MEMS, NEMS) (hohe Energiedichte auch in mikroskopischem Bereich)
- aktive Schwingungskontrolle
- adaptive Strukturen

Anwendung von Piezoaktoren in der Prüftechnik

Piezo-Schwingungsanregung

In mechanischen Prüfverfahren zur Bestimmung der Betriebsfestigkeiten werden definierte Kraft-Weg-Profile mit hohen Zykluszahlen in den jeweiligen Prüfling eingebracht. Notwendige Voraussetzung für solche Tests ist eine hohe Reproduzierbarkeit der Prüfzyklen. Durch eine schlechte Wiederholrate der Prüfzyklen bei vielen konventionellen Antrieben ergeben sich lange Prüfzeiten. Durch Piezoaktoren erfolgte an dieser Stelle eine deutliche Verbesserung, da Prüfzyklen mit hoher Reproduzierbarkeit ablaufen können.

Aufgrund der hohen Tragfähigkeit der Piezoaktoren können Prüfungen mit langsam variierenden hohen Vorlasten aus einem konventionellen Prüfraum in Überlagerung mit höherfrequenten Modulationen durch den direkt wirkenden Piezoantrieb gefahren werden.

Diese Verfahren finden unter anderem in den folgenden Bereichen Anwendung:

- Fretting-Tests (Reibkorrosionstest)
- Super High Cycle Fatigue Tests (extreme Lastwechselzahlen)
- Materialtests an Metallen und Polymeren

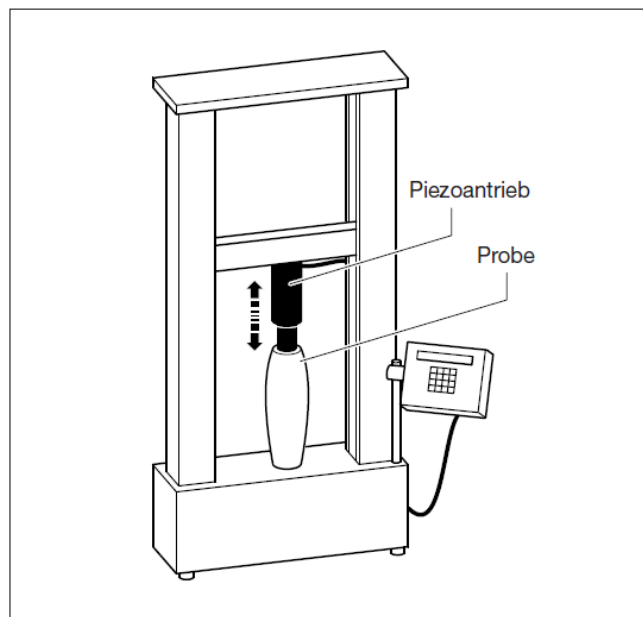


Abbildung 1: Prüfmaschine mit hochdynamischem Piezoantrieb

-
- Vibroakustische Anregung
 - Schwingungsanregung, Shaker

Piezo-Shaker können auf Grundlage der beschriebenen Philosophie konventionelle elektrodynamische Shaker zu höheren Anregungsfrequenzen hin erweitern (Bauartabhängig bis zu 100kHz). Als miniaturisiert ausgelegte Form lassen sich Piezo-Shaker als hochfrequente lokale Erreger in feine Strukturen implementieren.

Piezo-Stoßanregung

Auch mit Piezo-Stoßgeneratoren ist es möglich, hochfrequente Eigenmode-Bestimmungen mit hohen Anregungspegeln zu realisieren. Der Prüfling wird dabei mit einem intensiven Einzelstoß mit definierten Kraftpulsformen beaufschlagt und das Nachschwingverhalten beobachtet. Dieser Stoß besitzt eine sehr hohe Reproduzierbarkeit. Piezo-Stoßgeneratoren und Burst-Schwinger stellen Alternativen zur Strukturanregung dar, wie beispielsweise bei Pyro-Tests.

Die sehr kurze Ladezeit der Piezo-Stapel ist charakteristisch für die axialen Piezostöße. Sie ist bedeutend kürzer als die axiale Laufzeit der Kompressionsfront im Piezostapel und somit schneller als der Schall (elektrische Leistungspulse $<10 \mu\text{sec}$ bei einem 100 mm langen Aktorstapel). Auf diese Weise kann gezielt ein Zustand im Aktorstapel angeregt werden, der in den klassischen Positionieraufgaben von Piezoaktoren vermieden wird: Die mechanischen Spannungszustände in der Keramik sind örtlich und zeitlich stark inhomogen und erfordern spezielle Anpassungsmaßnahmen bei der Auslegung eines Piezo-Stoßgenerators. Dabei ist es wichtig physikalische Stöße mittels Piezostapel von herkömmlichen schnellen Stellbewegungen zu unterscheiden. Letztere verfügen über lange Anstiegszeiten beim Ladevorgang, wodurch sich die Keramik über die gesamte Stapellänge in einem weitestgehend homogenen mechanischen Spannungszustand befindet. Die dabei vom Aktor ausgeführte Bewegung ist zwar schnell, jedoch subresonant.

Vergleichbar ist dieser Vorgang mit dem Betrieb von Piezostapelaktoren in einem Diesel-Einspritz-System mit Anregungszeiten von $100\mu\text{sec}$. Bei einer echten Stoßanregung mit extrem verkürzten Anregungszeiten würde sich z. B. das Einspritzergebnis wegen des Nachschwingens von Aktor und Mechanik deutlich verschlechtern.

Kalibrierung, Qualitätsprüfung von Beschleunigungssensoren

Für die Qualitätsprüfung und Kalibrierung von Beschleunigungssensoren bietet **piezosystem jena** kundenspezifische Stoßgeneratoren an. Die Eignung von Piezostoßtechnik wurde im Zusammenhang mit der Hopkinson-Bar-Anordnung (gekennzeichnet durch den unmittelbaren Kontakt zwischen Piezoaktor und Stoßpartner vor der Stoßauslösung) nachgewiesen.

Vorteile der Piezostoßtechnik:

- nichtballistische Anregung und somit keine Notwendigkeit einer Anlaufphase des Stoßkörpers führt zu hervorragender Reproduzierbarkeit der Stöße
- Großer Abstimmbereich der Beschleunigung: Größenordnung 100 m/sec^2 bis $> 100.000 \text{ m/sec}^2$
- Unabhängige Einstellung von Amplitude und Impulsbreite
- Einzelstoßanregung oder Burst

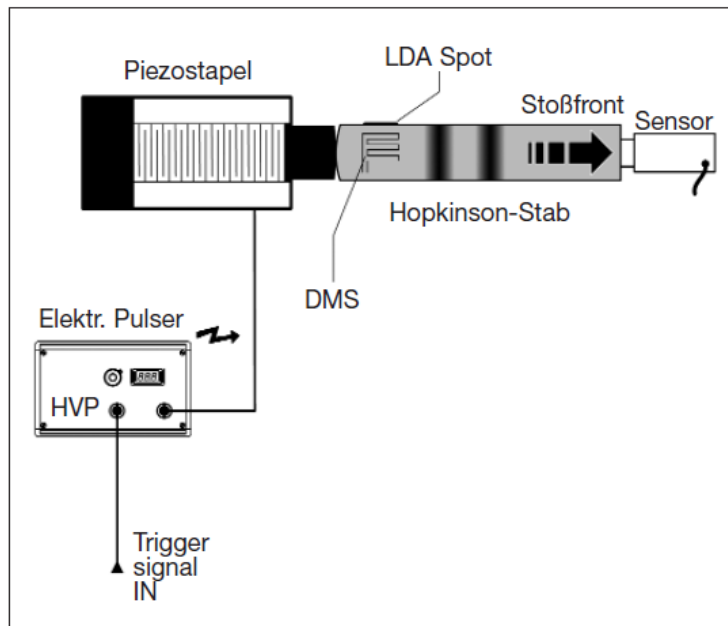


Abbildung 2: Hopkinson-Bar-Anordnung für Sensortest und Kalibrierung

Motion Control

Motion Control dient als Sammelbegriff für Techniken, mit denen eine kontrollierte Bewegung der mechanischen Komponenten hinsichtlich Position, Beschleunigung und Geschwindigkeit erfolgen soll. Ein besonders geprägtes piezospezifisches Anwendungsgebiet ist die Adaptronik, bei der aktive Strukturen im Mittelpunkt stehen. Diese sind beispielsweise adaptive Gestaltungsformen, adaptive Optik und adaptiver Leichtbau und darüber hinaus weitere strukturphysikalische Anwendungen der Schwingungsbeeinflussung, -dämpfung, -isolierung und -tilgung.

Aktive oder adaptive Tilger

Als Tilgung wird die Reduktion bzw. Dämpfung der resonanten Schwingung eines Bauteils bezeichnet, wie beispielsweise Strukturschwingungen (monofrequentes Problem). Ziel ist es die Materialermüdung zu vermeiden, beziehungsweise dem Nutzer eine verbesserte Ergonomie zu ermöglichen. Die aktiven Tilger besitzen einen Vorteil gegenüber passiven Systemen: die Abstimmungsfrequenz des Tilgers ist variierbar, wodurch eine Nachführung bei veränderlichen Systemresonanzen möglich ist. Der Piezoantrieb wirkt in einem Inertialmassen-System und erzeugt damit nur eine dynamische Trägheitskraftkomponente. Das System ist nicht lasttragend.

Aktive oder adaptive Neutraliser

Ein Neutralisierer verfügt im Gegensatz zum Tilger über eine fremderregte/erzwungene Schwingung variabler Frequenz eines Bauteils, beispielsweise durch einen an die Struktur gekoppelten Motor (Fahrzeugbau). Die Kompensation erfordert eine aktiv nachgeführte Frequenz des Neutralisers. Die Kraftwirkung aus dem Trägheitsprinzip ist nicht lasttragend.

Inertialmassen-Erreger

Im Unterschied zu Tilgern und Neutralisierern verfügen Inertialmassen-Erreger über eine breitbandige Wirkungsweise. Diese haben zum Beispiel das Ziel, einen möglichst niedrigen Gesamtbeschleunigungspegel im System zu halten. Dies kann nur aktiv gelöst werden. Der Arbeitsbereich liegt oberhalb einer baubedingten Abstimmfrequenz. Die Kraftwirkung folgt aus dem Trägheitsprinzip und ist nicht lasttragend.

Aktives, adaptives Lager

Um breitbandige, mechanische Einwirkungen zu kompensieren (z.B. für Schwingungsisolierungen) ist ein aktives, adaptives Lager nötig. Im Gegensatz zu den Inertialmassen-Erregern sind diese ab einer Frequenz von null wirksam. Darüber hinaus sind sie lasttragend und bieten eine statische Abstützung in Überlagerung mit dynamischen Kräften.