

Neue Methode zur Steigerung von Signalqualität und Messgeschwindigkeit bei Impuls-Ultraschallmessungen

Martin BARTH*

* Fraunhofer IZFP Dresden, Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden

Kurzfassung

Signalrauschen ist immer wieder ein zäher Gegner des Messtechnik-Ingenieurs. Besonders herausfordernd sind Messungen, bei denen das Nutzsignal des Sensors deutlich schwächer ist als das Rauschsignal. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn schwache Ultraschallwellen mit Laservibrometer oder EMUS-Technik detektiert werden sollen. Oft sollen Laufzeiten von Impulsen gemessen werden. Kann die Impulsamplitude nicht weiter erhöht werden und ist durch Filtern auch keine weitere Signalverbesserung mehr erreichbar, muss gemittelt werden, um das Rauschen zu reduzieren. Durch Aufnahmen von hunderten oder tausenden Zeitsignalen und Bildung des Durchschnitts-Zeitsignals lässt sich ein rauscharmes Zeitsignal gewinnen. Problematisch ist aber, dass dabei die Messzeit dramatisch steigt.

Mit der klassischen Methode kann die Anzahl der Mittelungen pro Zeit nicht beliebig gesteigert werden. Ist die Impulsfrequenz zu groß, haben die Schallwellen im Bauteil nicht genügend Zeit um bis zur nächsten Einzelmessung abzuklingen. Sie verursachen dann ein Schall-Rauschen im Messsignal. Wird die Pausenlänge zwischen den Impulsen aber ständig variiert, so verändert sich auch das Schall-Rauschen von Impuls zu Impuls. Dadurch wird es beim Aufsummieren der einzelnen Zeitsignale ebenfalls reduziert.

Die Pausenlängen der Impulsfolge können beispielsweise nach jedem Impuls um einen ADC-Takt erhöht oder auch nach einer pseudozufälligen Zahlenfolge bestimmt werden. Noch besser eignen sich aber Zahlenfolgen, die alle Zahlen eines Intervalls aus natürlichen Zahlen von 0 bis n einmal in einer bestimmten Reihenfolge enthalten.

Das Poster zeigt schematisch, dass die Messtechnik nur um einen Triggeregenerator erweitert werden muss, der zu definierten Zeitpunkten den Impulsgenerator auslöst. Der zusätzliche Hardware-Aufwand ist dadurch vergleichsweise gering. Dem gegenüber werden für das ebenfalls sehr leistungsfähige Pulskompressionsverfahren ein arbiträrer Signalgenerator und ein teurer Hochfrequenz-Leistungsverstärker benötigt.

Die Digitalisierungs-Hardware, z.B. eine rechnerinterne Oszilloskopkarte, nimmt das Sensorsignal über eine oder mehrere Perioden der Impulsfolge hinweg auf. Im Rechner werden dann aus den Signal-Rohdaten entsprechend der Impulszeitpunkte die Signalabschnitte herauskopiert, aufaddiert und die Summenwerte durch die Anzahl der Impulse dividiert. Dabei wird das Rauschen wie beim klassischen Mitteln reduziert. Die Aufnahmezeit sinkt aber beispielsweise auf ein zwanzigstel.

Messungen, die mit klassischen Mitteln nur mit einer Impulsfrequenz von 1000 Impulsen pro Sekunde gute Ergebnisse liefern, können mit dem neuen Verfahren z.B. mit einer mittleren Impulsfrequenz von 20.000 Impulsen pro Sekunde durchgeführt werden - bei gleicher Ergebnisqualität. Der Trigger-Generator wurde dazu auf einem



programmierbaren Logik-Schaltkreis (FPGA) implementiert. Auf dem Poster sind Ergebnisse einer Beispielanwendung abgebildet, bei der dieses Mittelungsverfahren zum Einsatz kam.


M. Barth

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
 Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden
 martin.barth@izfp-d.fraunhofer.de

Neue Methode zur Steigerung von Signalqualität und Messgeschwindigkeit bei Impuls-Ultraschallmessungen

DACH Jahrestagung der DGZfP 2012, Graz

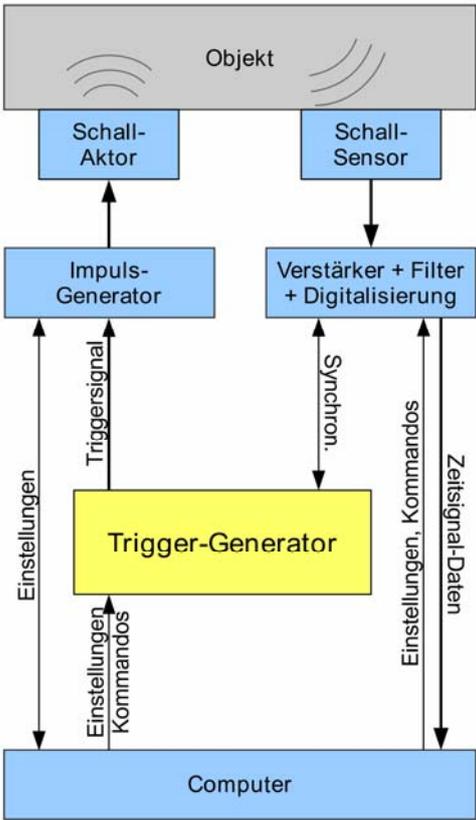
Problem: lange Messzeit bei schlechtem SNR

- Rauschsignal bei schwachen Nutzsignalen stört die Signalanalyse
- Klassische "Signalmittelung" nicht beliebig schnell wiederholt werden, wenn Impulsantwortsignale lange nachklingen
- Folge: lange Messzeiten durch hohe Anzahl Mittelungen

Lösung: Impulspausen-codiertes Mitteln

- Variation der Sendeimpulspausen führt zu unterschiedlichen zeitlichen Abständen zwischen Impulsantworten
- Kombination der Einzelsignale löscht Nachhallssignale aus
- Längen der Impulspausen basieren auf optimierter Zahlenfolge

Schema

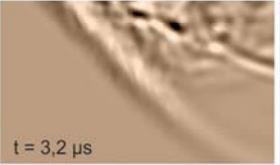
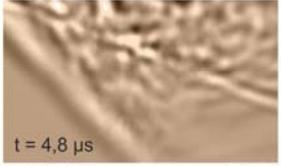
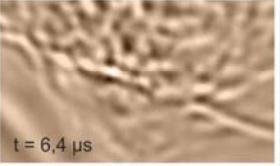


Vergleich alternativer Methoden

Kriterium	Klassisches Mitteln	Impulspausen-codiertes Mitteln	Pulscompressions-verfahren
Technischer Aufwand	Gering: Impulsgenerator, Empfangeinheit	Mäßig: Triggergenerator, Impulsgenerator, Empfangeinheit	Hoch: Signalgenerator, Hochfrequenz- Leistungsverstärker, Empfangeinheit
Signalverarbeitungs- Aufwand	Sehr gering: Addieren der Empfangssignale	Gering: Addieren der Empfangssignale mit entsprechenden Impulsverzögerungen	Hoch: Spezielle Filter oder Rückfaltung mittels Computer (FIR- Filter)
Messgeschwindigkeit bei gleichem Ergebnis	Gering: 1-fach	Hoch: 20-fach und mehr	Sehr hoch: 30 ... 50-fach

✓ Geringer technischer Mehraufwand
 ✓ Deutliche Steigerung der Messgeschwindigkeit

Anwendungsbeispiele:

- Aufzeichnen von Ultraschallwellen an Schweißnahtproben mittels Laservibrometer - Messzeit: wenige Stunden statt Tagen
 Details siehe Poster 56
- Anwendbar mit EMAT, Luftultraschall, Medizintechnik etc.

Abbildung 1: Poster 48