

Schätzung piezoelektrischer Materialparameter an ringförmigen Probekörpern

Mittwoch, 19. Juni 2024 08:50 (25 Minuten)

Die zunehmend simulationsgestützten Entwurfsprozesse von piezoelektrischen Aktoren und Sensoren erfordern präzise Kenntnisse der Materialparameter. Zur Bestimmung dieser piezoelektrischen Materialparameter wird bislang die bekannte IEEE-Norm zur Piezoelektrizität herangezogen. Bei dem in dieser Norm beschriebenen Verfahren handelt es sich um einen analytischen Ansatz, welcher auf der Auswertung von Resonanzfrequenzen beruht. Dazu sind entsprechende Impedanzmessungen an einer Reihe von unterschiedlich geformten, und somit unter unterschiedlichen Bedingungen hergestellten, Proben erforderlich. Der Herstellungsprozess der Probe hat einen signifikanten Einfluss auf ihre Eigenschaften, was zu inkonsistenten Materialparametersätzen führen kann. Des Weiteren ist es vorteilhaft, die Materialparameter anhand von Proben mit der gleichen Geometrie zu bestimmen, die im jeweiligen Aktor oder Sensor zum Einsatz kommen sollen. In früheren Studien konnte gezeigt werden, dass ein vollständiger Materialparametersatz in einem inversen Verfahren unter Verwendung einer einzelnen scheibenförmigen Probe mit einer Elektrodenstruktur, die für eine erhöhte Sensitivität der Impedanz in Bezug auf alle Materialparameter optimiert ist, bestimmt werden kann. Bei Hochleistungsanwendungen hingegen werden häufig ringförmige piezoelektrische Komponenten eingesetzt, was eine Anpassung der bisher entwickelten Methode erforderlich macht.

In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur Schätzung von piezoelektrischen Materialparametern anhand von ringförmigen Proben vorgestellt. Die erste Schätzung der Materialparameter erfolgt mit Hilfe von aus dem IEEE-Standard abgeleiteten, analytischen Näherungen für die Resonanzfrequenzen unter der Annahme eines isotropen Materials. Diese Startwerte werden dann in der ersten Optimierungsstufe in einem inversen Verfahren optimiert. Dabei werden analytische Ausdrücke für die elektrische Impedanz von piezokeramischen Ringen als Vorwärtsmodell verwendet. In der nachfolgenden zweiten Optimierungsstufe werden Finite-Elemente-Simulationen als Vorwärtsmodell eingesetzt. Die Optimierung erfolgt in diesem Schritt des Verfahrens mehrstufig, wobei auch hier die frequenzabhängige Sensitivität der elektrischen Impedanz in Bezug auf die Materialparameter herangezogen wird. Das vorgestellte Verfahren wird zunächst anhand von Simulationsergebnissen der elektrischen Impedanz validiert. Schließlich wird das Verfahren auf gemessene Impedanzen angewandt. Das Ergebnis ist eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation mit dem resultierendem Materialparametersatz und Messung.

Hauptautor: FRIESEN, Olga (Universität Paderborn)

Co-Autoren: CLAES, Leander (Universität Paderborn); FELDMANN, Nadine (Universität Paderborn); HENNING, Bernd (Universität Paderborn)

Vortragende(r): FRIESEN, Olga (Universität Paderborn)

Sitzung Einordnung: Materialcharakterisierung