Fluidmechatronische Systeme

Tobias Dreher

Piezoelektrische Antriebstechnologie für Kleinventile: Gesamtkonzept, Ansteuerelektroniken und inhärente Sensorfunktionen

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 2015

Copyright Shaker Verlag 2015
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3835-4
ISSN 2196-2340

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Piezoelektrische Antriebstechnologie für Kleinventile:
Gesamtkonzept, Ansteuerelektroniken und inhärente Sensorfunktionen

Piezoaktoren besitzen ein große Leistungsdichte, hohe Steifigkeit sowie gute Energieeffizienz und bieten deshalb ein großes Potenzial für einen Antrieb von Mikro- und Miniaturventilen. Piezostapelaktoren besitzen aber auch ein nichtlineares Auslenkungsverhalten, nur wenige Mikrometer Auslenkung und eine relativ hohe Ansteuerspannung. Bisher sind daher am Markt nur piezoelektrische Ventile für Nischenanwendungen verfügbar. Der vorgestellte Entwurfsprozess fasst ein piezoelektrisches Kleinventil als fluidmechatronisches Gesamtsystem auf und ermöglicht es so, die aktorspezifischen Herausforderungen zu lösen und eine piezoelektrische Antriebstechnologie für Proportionalventile zu entwickeln. Das erarbeitete Ventilkonzept gliedert sich in die Teilmodule Ansteuerelektronik, Antriebssystem mit einem Piezostapel, Hebelsystem und Fluidstufe.

Gegenstand dieser Arbeit ist die Entwicklung einer spezifischen leistungsfähigen Elektronik für die Ansteuerung des piezoelektrischen Ventilantriebs für proportionale und schaltende Anwendungen. Es wird ein mehrstufiges Grundkonzept entworfen, das aus zwei Gleichspannungswandlern und einem Zwischenspeicher als Energiereservoir besteht. Für die Ansteuerung eines reinen Schaltventils erfolgten Entwurf und Aufbau einer, aus dem Grundkonzept abgeleiteten, aber vereinfachten Elektronik. Mit ihr kann der Benutzer den piezoelektrischen Antrieb wie einen herkömmlichen Schaltmagneten durch Anlegen einer niedrigen Versorgungs-spannung ansteuern. Für die Ansteuerung eines Proportionalantriebes wurde entsprechend des zweistufigen Grundkonzepts eine Elektronik aus Schaltwandlern entwickelt und aufgebaut. Die gefundene Schaltungsanordnung zeichnet sich durch einen geringen Bauteilaufwand, kompakte Maße und eine sehr niedrige Leistungsaufnahme aus.

Weiterhin wurden zwei Regelungsmethoden zum möglichst linearen Auslenken des Piezoaktors entwickelt und implementiert. Zum einen handelt es sich um eine Ladungsregelung mit einer passiven Kompensation für die elektrische Drift und das mechanische Kriechen. Zum anderen wurde ein hybrides Regelungskonzept aus einer Ladungssteuerung und Spannungsregelung entwickelt. Diese Methode verlagert die Funktionalität der Ladungsbestimmung in die Software des Mikrocontrollers und benötigt daher einen geringeren Schaltungsaufwand.

Die entwickelte Ansteuerelektronik ermöglicht das Nutzen der inhärenten Sensorfunktionen des Piezoaktors in einem Ventil. Es wird die Rekonstruktion der am Aktor wirkenden Kräfte demonstriert und aufgezeigt, wie die aktuelle Aktortemperatur unabhängig von anderen Einflüssen bestimmt werden kann. Damit ist der simultane Aktor-Sensor-Betrieb auch unter industriellen Bedingungen möglich. Mit der

gemessenen Aktortemperatur ist der Einsatzbereich durch den Ausgleich der Temperatureinflüsse erweiterbar. Durch die rekonstruierte Kraft werden Zusatzinformationen über das Ventil und seinen Antrieb gewonnen, die beispielsweise zur Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit dienen können.