

Berührungsloser magnetischer Lagesensor für Magnetlager - Untersuchung einer Magnetlager-Regelung mit vollständiger Zustandsgrößenmessung durch magnetische Lagesensoren

DFG – HO 1483/31-3, 2009 - 2014

Zusammenfassung:

Im Rahmen der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Forschungsarbeiten ist es gelungen, neuartige magnetische Lagesensoren zu entwickeln und deren Eigenschaften zu untersuchen, welche den Anforderungen der Magnetlagertechnik hinsichtlich Genauigkeit, Dynamik und Robustheit entsprechen und zudem kostengünstig herstellbar sind. Das Wirkprinzip des Messsystems beruht auf der Basis eines Kompensationsstromwandlers, der eine vom Messabstand abhängige Reluktanzänderung eines Magnetkreises mit Permanentmagnet in ein entsprechendes Stromsignal abbildet. Zusätzlich zur Lage kann durch eine weitere Messwicklung die radiale Auslenkungsgeschwindigkeit durch Auswertung der induzierten Spannung gemessen werden, wodurch eine externe Differentiation des Lagesignals überflüssig wird.

Theoretische Vorbetrachtungen in Form von Reluktanzmodellen und numerischen Berechnungen (FEM-Simulation) bestätigten im Vorfeld die generelle Eignung für die Lagemessung in magnetgelagerten Antrieben. Anhand der gewonnenen Ergebnisse ist ein Prototyp eines magnetischen Lagesensors entwickelt und angefertigt worden. Für die Bestimmung des statischen und dynamischen Übertragungsverhaltens sind zahlreiche Messungen an verschiedenen Prüfständen durchgeführt worden. Zur Verbesserung der Linearität und Reduzierung der Fremdfeld- und Temperaturabhängigkeit ist es von Vorteil, die Sensoren im Differentialprinzip zu verwenden. Ähnlich wie bei den bekannten induktiven Sensoren treten mit zunehmender Signalfrequenz Wirbelstromverluste in der Messspur auf, die in diesem Falle eine Erhöhung des Lagesignals hervorrufen. Die Grenzfrequenz des Messsystems wird deshalb vordergründig von den magnetischen Eigenschaften der Messspur bestimmt. Durch den Einsatz von ferromagnetischen Stoffen mit geringer elektrischer Leitfähigkeit (z.B. SMC) kann dieser Einfluss deutlich verringert werden.

In einer zweiten Entwicklungsstufe ist ein homopolar angeordneter Sensor entwickelt worden, der eine Skalierbarkeit für verschiedene Wellen- oder Messspurdurchmesser ermöglicht. Zudem können durch den möglichen Einsatz einer inkrementalen Messspur die relative Winkellage und damit die Drehzahl bestimmt werden. Durch entsprechend konstruktive Veränderungen konnte ein Messsystem zur kombinierten Erfassung von Radial- und Winkellage aufgebaut werden.

Daran anschließend ist eine Lageregelung einer aktiven, radialen Magnetlagerstelle mit magnetischen Lagesensoren realisiert worden. Dabei sind klassische Reglerstrukturen (PID) sowie Zustandsregler mit vollständiger Zustandsgrößenmessung (Lage und Geschwindigkeit) oder ausschließlicher Verwendung des Lagesignals zum Einsatz gekommen. Eine Messung der radialen Auslenkungsgeschwindigkeit hat den Vorteil, dass die Zustandsgröße sehr rauscharm und verzögerungsfrei im Gegensatz zu einem gefilterten und anschließend differenzierten Lagesignal ist. Für den Einsatz bei besonders hohen Drehzahlen ist zu erwarten, dass sich das Systemverhalten deutlich verbessert und die Stabilitätsgrenzen vergrößern.

Im Rahmen des Projekts sind Publikationen zum IEEE IECON 2007, IEEE Sensors 2008, im Journal Antriebstechnik 2005 und eine Dissertation entstanden.