

Verbesserte digitale Steuerung eines Laser Scanner-Systems

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik | Vertiefung: Mechatronik
Betreuer: Prof. Dr. Thomas Niederhauser, Fabio Modica
Experte: Dr. Christian Rathjen (Ziemer Ophthalmic Systems AG)
Industriepartner: Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port

Piezoaktoren transformieren elektrische Energie in mechanische Energie, wodurch sie schnelle Bewegungen und genaue Positionierungen ermöglichen. Diese Eigenschaften machen sie zu wesentlichen Elementen in zahlreichen Anwendungen. Resonanzen und Drift, die während des Betriebs auftreten, erfordern jedoch ein präzises Regelungssystem, um z.B. die Positionen der Piezoaktoren stabil zu halten.

Hintergrund

Das zu regelnde Scanner-System besteht aus vier mechanisch verbundenen Piezoaktoren und wird zum Kippen eines Spiegels um zwei Rotationsachsen verwendet. Die Rotation dient dabei zum Ablenken eines Laserstrahls für Anwendungen in der Augenheilkunde. Diese Arbeit konzentriert sich auf die Optimierung der Regelung des Scanner-Systems durch die Herleitung eines akkuraten Modells und der Implementierung verschiedener Regler-Algorithmen.

Ziel

Das Hauptziel der Arbeit besteht darin, die Performance der Piezoaktoren durch die Entwicklung eines Modells als auch die Simulation und Implementierung verschiedener Regler-Algorithmen zu optimieren. Die bisherige Performance liegt bei einer Einschwingzeit von 1.0ms in einem Toleranzband von 0.5% des Arbeitsbereichs. Die gewünschte Einschwingzeit liegt bei 0.5ms in einem Toleranzband von 0.15% für einen Sprung von der halben Grösse des Arbeitsbereichs.

Modellbildung

Zur Herleitung eines realitätsnahen Modells werden Frequenz- und Schrittantworten gemessen, wobei die Position mit System integrierten Dehnmessstreifen ermittelt wird. Die Positionsmessungen werden mit einem Laser Doppler Vibrometer verifiziert. Die so gewonnenen Daten liefern die Grundlage einer Parameterschätzung mittels eines Optimierungs-Algorithmus für das Butterworth Van Dyke Modell. Dieses Modell wird häufig bei piezoelektrischen Systemen verwendet, da es eine einfache und doch effektive Möglichkeit bietet, die elektromechanischen Eigenschaften solcher Systeme zu modellieren. In der Abbildung 1. „OpenLoop Schrittantwortvergleich“ ist die Schrittantwort bei einem Sprung von 10V gezeigt. Dabei wird die gemessene Schrittantwort des Scanner-Systems mit der simulierten Schrittantwort des Modells verglichen. Da das Scanner-System nichtlineare Eigenschaften aufweist, wie zum Beispiel die Abhängigkeit

von der Eingangsamplitude oder Hystereseeffekte, wird das Modell in einer ersten Phase nur für eine konstante Systemamplitude optimiert.

Regelung

Basierend auf dem Modell werden verschiedene Regler-Algorithmen entwickelt und simuliert. Mit einer Prototypeneinheit werden die Regler-Algorithmen auf dem realen Scanner getestet und die Simulationsergebnisse verifiziert. Erste Simulationsergebnisse lassen darauf schließen, dass trotz der Verbesserung des Ansprechverhaltens des Regelsystems durch die Implementierung eines I-Regler-Algorithmus, die angestrebte Einschwingzeit noch nicht erreicht wurde.

Diskussion

Wie in der Abbildung 1. zu sehen ist, bildet das Modell die Messung zufriedenstellend ab. Die Simulation des I-Regler-Algorithmus zeigt, dass das Erreichen der gewünschten Einschwingzeit nur mit fortgeschrittenen Regler-Algorithmen möglich ist. Ein möglicher weiterer Schritt ist die Implementation von Kaskaden- und Pole-Placement-Regler-Algorithmen. Um verschiedene Amplituden zu regeln, könnte es notwendig sein, eine adaptive Regelung zu implementieren, bei welcher dem spezifischen Scanner und der Amplitude des Signals Rechnung getragen wird.

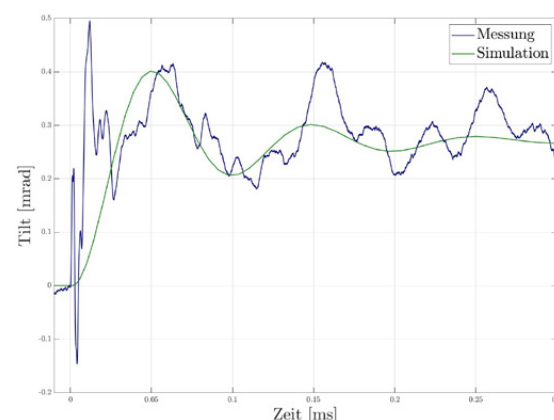


Abbildung 1. Open-Loop Schrittantwortvergleich



Lukas Krähenbühl