



**Diplomand
Dozent
Projektpartner
Experte
Themengebiet**

**Johannes Togan
Prof. Dr. Johann Lodewyks
Bucher Hydraulics AG
Dipl. Ing. FH Roger Dubach
Produktentwicklung & Mechatronik**

Aufbau und Inbetriebnahme eines inversen, hydraulischen Pendels

Ausgangslage

Bucher Hydraulics hat die neuartige AX-Konstantpumpe entwickelt (Abb. 1), die nach dem Floating Cup Prinzip funktioniert. Diese Bauart ermöglicht in Kombination mit einem Elektromotor auch bei hohem Druck und kleinster Drehzahl eine dynamische Verdrängersteuerung mit hohem Wirkungsgrad. Um die Überlegenheit dieser Pumpe zu demonstrieren, hat das Bucher Hydraulics Advanced Technology Team einen Demonstrator aufgebaut, der direkt mit MATLAB/Simulink geregelt und gesteuert wird.

Ziel dieses Projektes ist es, den Klassiker der Regelungstechnik - das inverse Pendel - am Demonstrator zu realisieren. Anders als bei üblichen Realisierungen des inversen Pendels wird die Kraft auf den Schlitten nicht durch einen Zahnriemen übertragen, sondern über die Hydraulik. Einzigartig an diesem Projekt ist, dass durch die neue Pumpe keine Ventile zur Steuerung der Bewegungsrichtung des Hydraulikzylinders erforderlich sind. In der vorangegangenen Industriearbeit «Inverses, hydraulisches Pendel» wurden die benötigten Übertragungsfunktionen bestimmt und ein Regelalgorithmus entwickelt und erfolgreich getestet. Dazu musste das Pendel noch manuell aufgestellt werden, stabilisierte sich danach aber mit Hilfe eines LQR-Reglers von selbst.

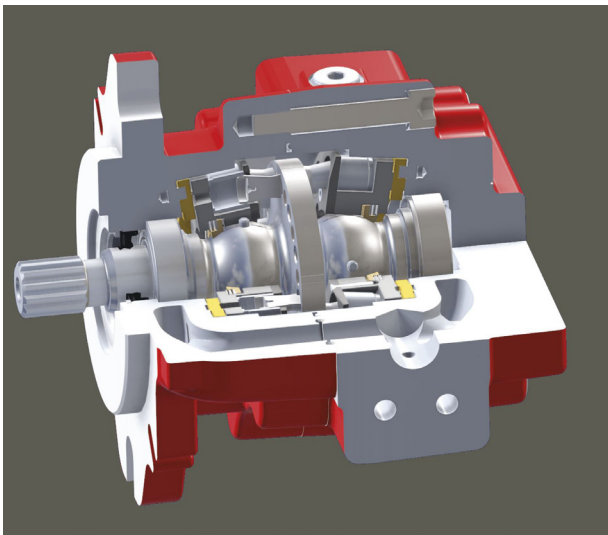


Abb. 1: Bucher Hydraulics AX-Konstantpumpe

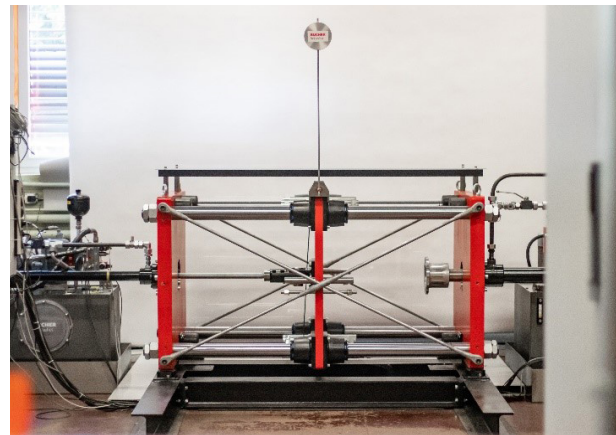


Abb. 2: Demonstrator, Pendel im eingeschwungenen Zustand

Vorgehen

Damit das System agiler reagiert, wurde ein neuer Zylinder mit einer kleineren Fläche montiert. Daraus resultierte eine höhere Schlittengeschwindigkeit. Für das neue System wurden die Übertragungsfunktionen hergeleitet, im Simulink simuliert und das Balancieren getestet.

Für das automatische Aufschwingen des Pendels wird ein Energieregler verwendet. Sobald das Pendel in der Nähe des oberen Gleichgewichtspunktes ist, wird vom Energieregler zum LQR-Regler gewechselt. Um allfällige störende Einflüsse auf die Regelung zu identifizieren wurde eine Frequenzanalyse durchgeführt. Für den optimalen Ablauf wurden mehrere Tests durchgeführt und die Parameter der Regler optimiert.

Ergebnis

Die Frequenzanalyse zeigte, dass das System keine störenden Einflüsse während dem Betrieb aufweist. Das Pendel konnte erfolgreich von der unteren Ruhelage in die obere Position aufgeschwungen und anschliessend balanciert werden. Um die Agilität der neuen AX-Konstantpumpe zu veranschaulichen, wurde ein Programmablauf konzipiert: Der Schlitten fährt im eingeschwungenen Zustand verschiedene Positionen nach links und rechts an. Das Pendel kann fallen gelassen und anschliessend wieder aufgefangen werden. Zusätzlich fährt der Schlitten im eingeschwungenen Zustand einen Sinus mit einer variablen Frequenz in beide Richtungen.