

## **Boes, Christoph**

### **Zusammenfassung**

Die Regelung hydraulischer Antriebssysteme gewinnt zunehmend an Bedeutung und gehört bereits heute zu den wichtigsten Aufgaben in hydraulischen Maschinen. Durch die Güte der Regelung in Form von Genauigkeit, Dynamik und Steifigkeit werden letztendlich die Qualität und die Produktivität der gesamten Maschine geprägt. Hauptanwendungsgebiet der servohydraulischen Achsen sind Kunststoffmaschinen und Werkzeugmaschinen sowohl in der Zerspanungstechnik als auch in der Umformtechnik.

Die Entwicklungen in der Mikroelektronik innerhalb der letzten Jahre und insbesondere der Einsatz des Mikroprozessors mit seinen nahezu frei programmierbaren Signalübertragungseigenschaften ermöglichten die Auslegung und Umsetzung spezieller, auf die Belange der Hydraulik zugeschnittener Regelungskonzepte, die zu einer wesentlichen Verbesserung der Eigenschaften der Achsen geführt haben. In dieser Arbeit werden digitale Konzepte zur Regelung von Position und Geschwindigkeit hydraulischer Achsen vorgestellt. Berücksichtigt wird hierbei insbesondere der Einfluss des ansteuernden Regelventils.

Zur Regelung der Zylinderposition bieten sich zum einen eine direkte Positionsregelung und zum anderen die aus dem Bereich der elektrischen Antriebe bekannte Lageregelung mit unterlagerter Geschwindigkeitsregelung an. Da beide Konzepte mit Vor- und Nachteilen verbunden sind, die für den jeweiligen Anwendungsfall abzuwägen sind, werden beide Grundstrukturen in dieser Arbeit behandelt. Die unterlagerte Geschwindigkeitsregelung findet vornehmlich im Bereich der Werkzeugmaschinen Anwendung, da diese Struktur oftmals durch die NC-Steuerungen aufgeprägt wird.

Unter dem Gesichtspunkt eines minimierten Energieeinsatzes bei der Verwendung hydraulischer Antriebe gewinnen Systeme mit primärer Verdrängersteuerung zunehmend an Bedeutung, da sie keine systembedingten Drosselverluste aufweisen. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Konzept zur digitalen Ansteuerung und Regelung eines Differentialzylinders im hydrostatischen Getriebe mit Tandempumpe vorgestellt, mit dem sich ähnliche dynamische Eigenschaften wie bei einem ventilgesteuerten Antrieb erreichen lassen.

Die eigentliche Stärke der hydraulischen Antriebe in Form ihrer sehr hohen Leistungsdichte erschwert jedoch oftmals die Auslegung und Inbetriebnahme der Regelungen, da sich Veränderungen in der Lastmasse des Antriebs dominant auf dessen Dynamik auswirken. Die Erkennung der Lastmasse bzw. der damit verbundenen Antriebsdynamik stellt einen wesentlichen Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar. Entwickelt wurden in diesem Rahmen sowohl Identifikationsverfahren, die auf den Ansätzen der linearen Regelungstheorie beruhen, als auch Verfahren die nach einem pragmatischen Ansatz direkt die Parameter des Antriebssystems bestimmen.

Die Adaption der aktuellen Antriebsdynamik (insbesondere der Lastmassenvariation) innerhalb der Regelung gewinnt im Zuge der Forderung nach selbsteinstellenden Regelungen zunehmend an Bedeutung. Zum Einsatz kommen hierbei sowohl mehr oder weniger klassische Polvorgabeverfahren als auch zeitgemäße Ansätze nach den

Methoden der Fuzzy-Logik, die in ihrer Vorgehensweise sehr stark an die Strukturen des menschlichen Denkens angelehnt ist. Der Vorteil beim Einsatz der Fuzzy-Logik zur Adaption der Regelparameter spiegelt sich vornehmlich in der Tatsache wider, dass auf das lineare Antriebsmodell verzichtet werden kann, und somit die Nichtlinearitäten im Übertragungsverhalten berücksichtigt werden können. Innerhalb dieser Strukturen wird weiterhin zur Minimierung des Rechenaufwandes ein linearer Reglerkern eingesetzt, dessen Parameter durch die unscharfe Logik eingestellt werden.

Das Ventil übt durch seine nichtlineare Durchflusscharakteristik einen dominanten Einfluss auf das gesamte Antriebsverhalten aus. Ein Verfahren zur digitalen Kennfeldkorrektur erlaubt eine weitgehende Linearisierung dieser Eigenschaften, die sich sowohl auf die Reglerauslegung als auch auf die Steifigkeit des Zylinderantriebs auswirken. Neben einer Korrektur des asymmetrischen Verhaltens des Differentialzylinders lassen sich dem Antrieb innerhalb der Kennfeldkorrektur auch bestimmte Dämpfungen aufprägen, die den Einsatz sehr einfacher Regelungsstrukturen, wie dem P-Regler ertauben.

Zwei ausgeführte Beispiele der Implementierung digitaler Regelungskonzepte für eine Presse und eine Werkzeugmaschine werden beschrieben. Die vorgeschlagenen Konzepte konnten erfolgreich eingesetzt werden und führten zu einer Verbesserung der Systeme bezüglich ihrer Schnelligkeit und der Einhaltung der geforderten Toleranzen. Als zukünftige Perspektive bietet der Einsatz spezieller, auf den jeweiligen Anwendungsfall optimal zugeschnittener Konzepte eine weitreichende Steigerung der Effizienz geregelter hydraulischer Maschinen. Der Einsatz moderner digitaler Regelungskonzepte gewinnt somit zunehmend an Bedeutung.