

9. Zusammenfassung

Die Lastsimulation hat zum Ziel, statische und dynamische Kräfte, die in der Realität auf Antriebe einwirken, elektrohydraulisch nachzubilden.

Das Kernstück derartiger elektrohydraulischer Lastsimulatoren ist ein kraft- oder momentengeregelter Servoantrieb. Die Erzeugung betriebsrelevanter Belastungen für das zu untersuchende Antriebssystem setzt voraus, daß dieser Regelkreis gutes Führungs- und Störverhalten aufweist.

Die Untersuchung des Regelverhaltens und Erprobung verschiedener Regelstrategien an einer mit Linearantrieben aufgebauten Versuchsanlage bilden daher einen wesentlichen Schwerpunkt in der vorliegenden Arbeit. Zur Erfüllung der Regelfunktion eignen sich als elektro-hydraulische Stellglieder sowohl Druck- als auch Wegeservoventile. In der Versuchsanlage wurde je ein Servoventil des genannten Typs, nach Untersuchung des stationären und dynamischen Verhaltens, eingesetzt und erprobt.

Druckservoventile sind speziell zur Lösung von Druck- oder Kraftregelungsaufgaben in der Technik entwickelt worden. Im Gegensatz zu den Wegeservoventilen verfügen diese Ventile über eine ventilinterne Druckrückführung, so daß zur Erfüllung der Regelfunktion kein zusätzliches Meßelement, wie Druck- oder Kraftaufnehmer erforderlich ist. Als nachteilig erweist sich bei Einsatz eines derartigen Druckservoventils in der Versuchsanlage die geringe Systemdämpfung, sofern von dem Ventil lediglich Kompressionsvolumenströme abzudecken sind.

Mit Hilfe des Wurzelortsverfahrens werden zwei mögliche konstruktive Stabilisierungsmaßnahmen aufgezeigt. Zum einen handelt es sich um die Einbringung eines hydraulischen Zeitgliedes (DT_1 -Element) in der Druckrückführung des Ventils und zum anderen um eine Modifikation der hydraulischen Vorsteuerung. Die konstruktive Maßnahme im letzten Fall besteht ledig-

lich in der Vergrößerung des einen Kammervolumens in der hydraulischen Vorsteuerung. Untersuchungen am Prüfstand mit einem derart modifizierten Druckservoventil ergeben gegenüber dem Serienventil eine um das ca. 4-fache höhere Systemdämpfung bei nur geringer Einbuße in der Dynamik. Ein hochwertiger Regelkreis mit sehr guten stationären und dynamischen Eigenschaften, der die o.g. Forderungen zufriedenstellend erfüllt, entsteht, wenn der internen Rückführung des Serien-Druckservoventils ein mit elektronischen Komponenten realisierter Kraftregelkreis überlagert wird. Bei nicht allzu hohen Anforderungen an das Regelverhalten (z.B. Überschwingfreiheit) wird dies mit einem konventionellen PID_{T1} -Regler im elektrischen Signalzweig erreicht.

Bei Einsatz des Wegeservoventils ergeben die analytischen Betrachtungen am vereinfachten (zu belastendes Antriebssystem ist ideal steif) linearisierten Modell des Kraftregelkreises mit P-Regler, daß der hydraulische Nullpunkt den hinsichtlich Stabilität kritischsten Arbeitspunkt darstellt, und die Reglereinstellung bei minimaler hydraulischer Gesamtkapazität des angeschlossenen Zylinders vorzunehmen ist.

In diesem Arbeitspunkt wird mit Hilfe des Wurzelortsverfahrens und dem nichtlinearen Analogrechner-Modell der Einfluß der Nachgiebigkeit des zu belastenden Antriebssystems auf die Stabilität der Kraftregelung aufgezeigt und die Variation ausgewählter Systemparameter durchgeführt.

Die Untersuchungen an der Versuchsanlage unter Anwendung verschiedener Reglertypen (P, PID_{T1}) ergeben, daß der einschleifige Kraftregelkreis stets nur eine der genannten Forderungen (gutes Führungs-, gutes Störverhalten) erfüllt und das Ziel beide Forderungen gleichermaßen zu erfüllen, durch Reglermodifikationen wie die Adaption der Reglerverstärkung, die Sollwertverzögerung für den I-Anteil etc. nur bedingt zu erreichen ist.

Vergleichbare Regelergebnisse wie mit dem Serien-Druckservoventil und überlagerter elektrischer Kraftrückführung werden bei Einsatz des Wegeservoventils unter Anwendung des Regelungskonzeptes der "adaptiven Geschwindigkeitsaufschaltung" erzielt. Bei korrekter Anpassung der Aufschaltung an das Kennlinienfeld des eingesetzten Wegeservoventils ist das Störverhalten der Kraftregelung nahezu unabhängig von dem eingesetzten Regler. Dieser ist somit fast ausschließlich bezüglich Führungsverhalten auszulegen.

Auf der Basis dieser Regelstrategie wird bei Einsatz des Wegeservoventils das Verhalten der Versuchsanlage bei der Simulation einfacher Lasten (Feder-, Dämpfer-, Massenlast) untersucht. Da diese Lasten aus systeminternen Größen (x , \dot{x} , \ddot{x}) gebildet werden, sind aus Gründen der Regelkreisstabilität den Proportionalitätsfaktoren (c , d , m) Grenzen gesetzt.

An dem Beispiel des Wippwerkantriebs eines Automobilkrans mit Ausleger wird demonstriert, daß mit einem elektrohydraulischen Lastsimulator auch komplexe Lasten (schwingungsfähige Systeme) nachgebildet werden können.