

6. Zusammenfassung

In hydraulischen Steuer- oder Regelsystemen, insbesondere bei Anlagen größerer Leistungen, werden wegen ihres günstigen Wirkungsgrades zunehmend geregelte Verstellpumpen eingesetzt. Entsprechend der Ausführungsform des Signalkreises unterscheidet man zwischen hydraulisch-mechanischen und elektro-hydraulischen Pumpenregelungen.

In einer kurzen, systematischen Zusammenstellung werden die gebräuchlichsten Pumpenregelungen für Druck, Volumenstrom, Stellweg und Leistung dargestellt, wobei auf die verschiedenen Möglichkeiten zur Erfassung der jeweiligen Regelgröße näher eingegangen wird.

Um der Forderung nach flexibler Einsetzbarkeit der Regelungen nachzukommen, werden im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich Regelungen betrachtet, bei denen die Sollwertvorgabe durch elektrische Signale erfolgen kann.

Ein wesentliches Ziel der durchgeführten Untersuchungen besteht darin aufzuzeigen, inwieweit elektro-hydraulische Regelungen den hydraulisch-mechanischen überlegen sein können. Dazu wurde ein Versuchsstand errichtet, der Messungen unter absolut gleichen Randbedingungen ermöglicht, so daß die verschiedenen hydraulisch-mechanischen und elektro-hydraulischen Regelungen bezüglich ihrer stationären und dynamischen Eigenschaften direkt miteinander verglichen werden können.

Anhand von Ergebnissen nichtlinearer Simulationen und aus den Berechnungen von linearisierten Modellen werden die wesentlichen Einflußgrößen auf das Verhalten der Regelungen verdeutlicht, woraus sich weiterhin auch Möglichkeiten zur Verbesserung des Regelverhaltens erkennen lassen.

Sowohl die hydraulisch-mechanische als auch die elektro-hydraulische Druckregelung besitzen wegen des integralen Charakters des Stellsystems ausgezeichnete stationäre Eigenschaften. Das dynamische Verhalten der Druckregelungen erweist sich jedoch aufgrund der Struktur der Regelkreise (zwei nur schwach gegengekoppelte Integratoren) als kritisch.

Für die herkömmliche Auslegung von Druckregelungen (P-Regler; Stellkolbenflächenverhältnis $\alpha = 0,5$) ergeben sich üblicherweise bei größeren hydraulischen Kapazitäten zwischen Pumpe und Verbraucher, insbesondere bei kleinen Lastvolumenströmen, gravierende Stabilitätsprobleme. Es werden daher verschiedene konstruktive und regelungstechnische Maßnahmen untersucht, um das Regelverhalten zu verbessern. Als sehr wirkungsvoll erweist sich die Reduzierung des Stellkolbenflächenverhältnisses von 0,5 auf 0,25. Bezüglich der regelungstechnischen Maßnahmen zeigt sich, daß die besten Ergebnisse mit einem PDT_1 -Regler zu erreichen sind.

Der Vergleich von den aus Frequenzgängen ermittelten Eigenfrequenzen und Dämpfungsgraden mit den aus einem linearisierten Modell 2. Ordnung berechneten zeigt, daß für ein Stellkolbenflächenverhältnis von 0,5 eine Abschätzung des Zeitverhaltens der Druckregelungen möglich ist. Bei einem Flächenverhältnis von 0,25 machen sich jedoch die nichtlinearen Einflüsse des Stellvolumenstromes derart stark bemerkbar, daß eine sinnvolle Vorausberechnung des Zeitverhaltens der Regelungen nur durch nichtlineare Simulationen möglich erscheint.

Bezüglich der Volumenstromregelung zeigen sich verglichen mit der Druckregelung deutlichere Unterschiede zwischen der hydraulisch-mechanischen und der elektro-hydraulischen Lösung, die in erster Linie auf die Eigenschaften der eingesetzten Volumenstromsensoren zurückzuführen sind. Aufgrund der arbeitspunktabhängigen Empfindlichkeit der Meßblende verschlechtert sich bei den hydraulisch-mechanischen Regelungen das stationäre wie auch das dynamische

Verhalten mit zunehmendem Volumenstrom-Sollwert. Die konstante Empfindlichkeit des Volumenstromsensors, der bei den elektrohydraulischen Regelungen eingesetzt wird, gewährleistet dagegen gleichbleibend gute stationäre und dynamische Eigenschaften.

Gerade bei der Kombination verschiedener Regelungen erweist sich die elektrohydraulische Pumpenregelung der hydraulisch-mechanischen deutlich überlegen, insbesondere dann, wenn auch eine Leistungsbegrenzung gefordert wird. Um diese Aufgabe hydraulisch-mechanisch einigermaßen zufriedenstellend zu lösen, sind aufwendige konstruktive Änderungen am Regelventil erforderlich, während bei der elektrohydraulischen Regelung durch eine geringfügige Erweiterung der Regelelektronik optimale stationäre und dynamische Eigenschaften erreichbar sind.

Insgesamt betrachtet erweisen sich die elektrohydraulischen Pumpenregelungen den hydraulisch-mechanischen sowohl bezüglich des stationären als auch bezüglich des dynamischen Verhaltens als durchweg überlegen.