

## 9. Zusammenfassung

Den hier betrachteten Schnellschaltventilen (SSV) kommt speziell wegen ihrer diskreten Schaltzustände für lage- und druckgeregelte Aktoren eine besondere Bedeutung zu, da sie auf einfache Weise von digitalen Rechnern angesteuert werden können. Als Schaltverstärker auf der elektronischen Seite können relativ einfache und kostengünstige Bauelemente Verwendung finden. Zusätzlich zu den schon genannten Vorteilen ist der einfache Aufbau der meisten Schaltventile besonders hervorzuheben.

Nach der Aufstellung der notwendigen Grundlagen zur Verwendung von Schnellschaltventilen in Regelkreisen erfolgt eine eingehende Untersuchung einer Vielzahl dieser Ventile. Aufgrund des besonders guten dynamischen Verhaltens und der positiven Ergebnisse von Lebensdauer-tests wird eine besonders geeignete Ventilbauart für weitere Untersuchungen ausgewählt.

Für die Ansteuerung der Schnellschaltventile wird eine spezielle Peak-and-Hold-Ansteuerschaltung bestimmt, die eine hohe Schaltdynamik mit geringen Verlusten verknüpft. Die so minimierte Verlustleistung bei gesicherter Funktion ist Voraussetzung für den Einsatz der Ventile in permanent arbeitenden Regelkreisen.

Anschließend wird auf die Auswahl des Schaltungskonzeptes eingegangen. Wegen der geringen Durchflüsse der SSV sind in den Brückenschaltungen möglichst keine Konstantblenden einzusetzen, sondern am günstigsten je Brücke zwei Schnellschaltventile. In diesem Fall kann dann für den belasteten Aktor ein unerwünschtes, permanentes Schalten der Ventile vermieden werden.

Im weiteren wird ausführlich das Verhalten des lagegeregelten Aktors beschrieben. Die dargestellten Zusammenhänge beschreiben die praktische Auslegung eines solchen Antriebes auch bezüglich der Stabilität. Die Positioniergenauigkeit als statische Eigenschaft konnte durch den Einsatz von Signalkorrekturmaßnahmen deutlich gesteigert werden. Alle theoretischen Untersuchungen sind dabei von entsprechenden Versu-

chen begleitet. Mit dem sog. Sliding-Mode-Regler kam ein Regelalgorithmus zum Einsatz, der neue Maßstäbe bezüglich der Reglerstabilität unter dem Einwirken von Störgrößen setzt.

Im Anschluß ist das Verhalten eines druckgeregelten Aktors beschrieben. Auch hier sind Zusammenhänge bezüglich Reglerstabilität, Genauigkeit und Auflösung des Systems dargestellt.

Eine Verbesserung des dynamischen Verhaltens der untersuchten Aktoren bedingt eine Verkürzung der bereits sehr kleinen Schaltzeiten sowie eine Erhöhung des durch das Ventil fließenden Volumenstromes. Hierzu wird zunächst das ausgewählte, elektromagnetische Ventil mit Hilfe eines Programmsystems zur Magnetfeldberechnung analysiert, um das Verbesserungspotential festzustellen.

Mit Hilfe eines piezoelektrischen, elektromechanischen Wandlers kann anschließend ein neues, schnelleres Schaltventil realisiert werden. Es arbeitet mit einer hydraulischen Hubverstärkung und ist im Gegensatz zu den bisher bekannten Ventilen unempfindlich gegen Temperaturveränderungen.

Speziell im Hinblick auf ein Einsatz eines Aktors im Kfz hat die Geräuscentwicklung der SSV eine besondere Bedeutung. In experimentellen Untersuchungen werden Geräuschminderungsmaßnahmen erprobt, die den Schalldruckpegel um bis zu 20 dB senken können. Trotz dieser Maßnahmen bleibt die Geräuscherzeugung durch das Schalten ein noch nicht vollständig gelöstes Problem.

Die aufgeführten Ergebnisse dienen in der beschriebenen Anwendung zum Aufbau eines SSV-gesteuerten Lenkantriebs für ein Kfz. Mit diesem Kopilot-Aktor kann die Fahrtrichtung eines Fahrzeuges rechnergesteuert vorgegeben und geregelt werden.

Durch einen Vergleich mit dem durch ein Proportionalventil angetriebenen Kopilot-Aktor zeigt sich ein nahezu gleichwertiges Verhalten des SSV-angetriebenen Aktors, sofern die durch die Volumenstrombegrenzung infolge des hohen Durchflußwiderstandes der SSV die maximal realisier-

bare Aktorgeschwindigkeit noch nicht erreicht ist. Infolge der Zeitverzögerung durch den Pulsmodulator ist jedoch das Zeitverhalten des Aktors bei hohen Signalfrequenzen weniger gut.

Die Verwendung von SSV für Aktoren beschränkt sich jedoch nicht nur auf Kfz-Anwendungen. So liegt es nahe, sie dort einzusetzen, wo einerseits digitale Rechner- und Steuerungsstrukturen vorliegen und andererseits die dynamischen Anforderungen begrenzt sind.