

Latour Christoph

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit sind strömungskraftreduzierende Maßnahmen für verschiedene Bauformen der Sitzventile erarbeitet und untersucht worden. Zur Dokumentation der Gebrauchseigenschaften sind drei verschiedene Ventulfunktionsmuster mit kompensierten Strömungswiderständen (vorgesteuertes Druckbegrenzungsventil, direktgesteuerte Servodrossel und 3/2-Wege-Sitzventil) aufgebaut und anschließend optimiert worden. Als Untersuchungswerkzeuge sind die FE- Strömungssimulation, die Beobachtung der Strömungsvorgänge am Wassermodell, die Vermessung der hydraulischen Größen im Prüffeld und die digitale Simulation der Übertragungseigenschaften der Ventile eingesetzt worden.

Für eine wichtige Bauform der Sitzventile, das 2-Wege-Einbauelement nach DIN 24342, ISO 7368 mit Schließerfunktion, sind zunächst die Geometrieinflüsse in unkompensierten Elementen analysiert worden. Im Mittelpunkt stand hierbei die Steuerkantengeometrie (Radien, Fasen, scharfkantig). Als wesentliches Ergebnis ist festzuhalten, daß bereits kleine Radien oder Fasen in der Größenordnung von 0.1 mm etwa eine Verdopplung der Strömungskräfte mit sich bringen.

Danach sind insgesamt vier verschiedene Maßnahmen zur Kompensation der Strömungskräfte für die genannte Bauform untersucht worden.

Die aus der Längsschieberventiltechnik bekannten Verfahren 2- und 3-dimensionale Strahlumlenkung können aufgrund des zur Verfügung stehenden Bauraumes ohne großen Aufwand auf die Einbauelemente übertragen werden. Mit beiden Maßnahmen werden gute Kompensationsergebnisse erzielt, wobei sich die 3-dimensionale Strahlumlenkung gegenüber der 2-dimensionalen durch einen geringeren Durchflusswiderstand auszeichnet.

Ein neuartiges Verfahren, das den statischen Druckabfall vor der Steuerkante zum Druckausgleich und damit zur Kompensation nutzt, bietet die Vorteile eines geringen fertigungstechnischen Aufwandes (bei direktgesteuerten Widerständen) und einfach zu handhabender Parameter. Nachteilig machen sich die degressiven Kraft-Hub-Verläufe und die Empfindlichkeit der Maßnahme gegenüber Lageabweichungen der Druckausgleichsbohrungen bemerkbar. Aufgrund der nichtlinearen Kraftkennlinien eignet sich diese Maßnahme jedoch nicht zur Kompensation in hochwertigen Ventilen.

Mit einer "Hybrid-Kompensation", welche auf einer Strahlwinkelmethode mit anschließender 3-dimensionaler Strahlumlenkung beruht, konnten die besten Kompensationsergebnisse erzielt werden. Der entwickelte Strömungswiderstand eignet sich zur direkten Ansteuerung mit einem elektromechanischen Wandler. Die Nachteile des Einbauelementes liegen in einem zusätzlichen und aufwendigen Bauteil sowie dem großen Durchflusswiderstand.

Außerdem sind für Einbauelemente mit Öffnerfunktion zwei verschiedene Ausführungen für die 2-dimensionale Strahlumlenkung mit Hilfe von FE- Simulationen untersucht worden. Hierbei zeigte sich, dass eine Strahlführung am Kolben in Bezug auf den

fertigungstechnischen Aufwand und die erreichbaren Kraftkennlinien erhebliche Vorteile gegenüber der Strahlführung in der Hülse bringt.

Im Mittelpunkt der weiteren Arbeiten stand die Anwendung der kraftkompensierten Strömungswiderstände.

Durch den Einsatz von strömungskraftkompensierten Einbauelementen (2- und 3-dimensionale Strahlumlenkung) in einem vorgesteuerten Druckbegrenzungsventil konnte die stationäre Druck-Durchfluss-Abweichung im Vergleich zur unkompensierten Variante auf ein Minimum reduziert werden. Das gleichzeitig verschlechterte dynamische Übertragungsverhalten ist durch ein neues Schaltungskonzept der Vorsteuerung, das mit Hilfe von nichtlinearen Simulationen der Ventilstrecke erarbeitet wurde, verbessert worden.

Außerdem ist eine direktgesteuerte Servodrossel der Nenngröße NG 25 in Einbauventil-Bauweise mit einem hochdynamischen Tauchspulenantrieb aufgebaut worden. Die Ergebnisse zeigen, dass hohe hydraulische Leistungen (>100 kW) auch mit geringer Ansteuerleistung ($\ll 50$ W) dies entspricht einer Leistungsverstärkung >2000 -gesteuert werden können. Das verwendete Antriebskonzept weist in Verbindung mit der Ventilkonstruktion und der Sensorik eine sehr hohe Dynamik auf, die mit den schnellsten am Markt verfügbaren Servoventilen der Nenngröße NG 6 zu vergleichen ist.

Das letzte Anwendungsbeispiel für die Strömungskraftkompensation -ein 3/2-Wege-Sitzventil -wird in elektrischen Freiluftleistungsschaltern eingesetzt. Die erzielten Ergebnisse dokumentieren, dass durch die Strömungskraftkompensation die Schaltzuverlässigkeit, die bei dieser Anwendung ein wichtiges Kriterium ist, erhöht werden kann.

Bei den durchgeführten Arbeiten hat sich das "Werkzeug" der FE -Strömungssimulation als äußerst hilfreich erwiesen. Die Berechnungsergebnisse vermitteln die wesentlichen strömungsmechanischen Zusammenhänge und erlauben sogar bei verschiedenen Maßnahmen der Strömungskraftkompensation eine Vorauslegung der Ventilgeometrie, ehe im Prüffeld eine Feinparametrierung erfolgt. Darüber hinaus wird das Verständnis für die komplexen strömungsmechanischen Zusammenhänge durch die Möglichkeit, sämtliche Größen des Strömungsfeldes visualisieren zu können, erheblich verbessert.

Mit der rasanten Weiterentwicklung der Simulationssoft- und -hardware werden in Zukunft auch komplexere Probleme (3-dimensional, instationär, turbulent, mehrphasig) mit einem vertretbaren Aufwand berechnet werden können. Aus den genannten Gründen kann dieses Werkzeug nicht nur in Rahmen von Forschungsvorhaben, sondern auch in den Entwicklungsabteilungen der Hydraulikhersteller als Auslegungswerkzeug sehr nützlich sein.