

10. Zusammenfassung

Immer höhere Anforderungen an hydraulische proportionalgesteuerte Maschinen haben generell eine Qualitätsverbesserung der Erzeugnisse und eine Steigerung der Produktivität zum Ziele. Diese Forderungen lassen sich nur durch Verbesserung der stationären und insbesondere der dynamischen Steuergenauigkeit und des Zeitverhaltens der Proportionalventile erreichen.

Ziel dieser Arbeit war es, durch Entwicklung einer neuen Ausführung von Proportionalstromventilen mit hydraulisch-mechanischen Rückkopplungen deren statisches und dynamisches Verhalten und die Wirtschaftlichkeit wesentlich zu verbessern.

Ausgehend von der 2-Wege-Einbauventilausführung wurde die Proportionaltechnik der Stromsteuerungen mit verschiedenen Rückkopplungen in der vorliegenden Arbeit systematisch beschrieben.

Das Verhalten der Proportionalmagneten als gebräuchlichste elektro-mechanische Umformer wurde ausführlich untersucht. Durch umfangreiche Messungen wurde eine Erfahrungsbeziehung der Kraft-Hub-Funktion des Magneten in Abhängigkeit von konstruktiven Größen erfaßt. Die Analyse der Hysteresenursachen am Steuermagneten wurde experimentell und theoretisch durchgeführt. Aus den Versuchsergebnissen wurden die optimale Frequenz und die notwendige Amplitude des Dithersignals abgeleitet. Zum Schluß der Magnetuntersuchung wurde ein Vergleich des dynamischen Verhaltens eines Versuchsmagneten bei unterschiedlichen elektrischen Ansteuerungen vorgenommen.

Die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, den Einfluß verschiedener Schaltungsausführungen, Konstruktions- und Betriebsparameter auf das statische und dynamische Verhalten eines vorgesteuerten 2-Wege-Proportionalstromreglers mit Volumenstrom-Hub-Kraftrückführung sowohl experimentell als auch rechnerisch zu erfassen.

Die Komplexität des im Signalflußplan dargestellten mathematischen Modells mit zahlreichen Nichtlinearitäten ließ die stationäre Analogrechner- Simulation und die weitere dynamische Digitalrechnerstudie sinnvoll und sogar notwendig erscheinen.

Aufbauend auf Ergebnissen experimenteller Untersuchungen nichtlinearer Zusammenhänge wie den Durchflußcharakteristiken konstanter und variabler Widerstände, der hydraulischen Kapazitäten und der Strömungskraftverläufe, können mit Hilfe numerischer Verfahren die empirisch gewonnenen Meßergebnisse durch einfache Funktionen beschrieben und in das Analog- und das Digitalrechnerprogramm eingefügt werden.

Die Simulationen auf dem Analogrechner und dem Digitalrechner erbrachten gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen. Die Untersuchung des dynamischen Verhaltens wurde hauptsächlich mit Hilfe von Störgrößen- und Sollwertsprüngen

durchgeführt. Das vorgegebene Ziel wurde mit Hilfe zahlreicher experimenteller und analytischer Untersuchungen erreicht.

Die Strömungskrafteinflüsse auf das stationäre und das dynamische Verhalten des Stromreglers werden durch die Volumenstrom-Hub-Kraftrückkopplung deutlich ausgeregelt. Da Strömungskräfte im allgemeinen die Hauptstörgrößen in Ventilen sind, wurden auch einige Untersuchungen von Strömungskräften am Einbauventil ausgeführt. Ziel dieser Untersuchung war es, durch Messen des Abflußwinkels und der Strömungskraft in Abhängigkeit vom Öffnungshub der 2-Wege-Einbauventile mit unterschiedlicher Durchflußgeometrie eine einfache mathematische Beschreibung zu erproben. Daneben wurden auch einige Durchflußbeiwerte von Einbauventilen gemessen. Die Durchflußcharakteristiken der Widerstände wurden bei verschiedenen Temperaturen untersucht, um den Temperaturänderungseinfluß auf die vorgesteuerten Stromventile zu ermitteln. Die Ergebnisse wurden in Kapitel 6 dargestellt.

In weiteren Kapiteln sind einige Grundlegende Untersuchungsergebnisse von einem 3-Wege-Proportionalstromregler mit Strom-Hub-Kraftrückführung und einer Proportionaldrossel mit Hub-Kraft-Rückkopplung dargestellt. Daneben sind zusätzlich einige handbetätigte Drosselventile gezeigt.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen dem Hersteller, dem Anwender und denen, die sich mit weiteren Untersuchungen befassen, eine Hilfe sein, damit die Entwicklungsdauer für das neue Proportional-Stromsteuersystem erheblich reduziert werden kann.