

8 Zusammenfassung

Ausgangspunkt der in der vorliegenden Arbeit zusammengefaßten Forschungsarbeit ist ein Dilemma in der hydraulischen Antriebstechnik: Antriebe mit drosselnden Steuerventilen zeigen gutes dynamisches Verhalten und können bei Verwendung von Proportional- oder Servoventilen in anspruchsvolle gesteuerte und geregelte Systeme integriert werden. Nachteilig sind aber die prinzipbedingten Drosselverluste, die teilweise erhebliche Verlustleistungen bedeuten und das System thermisch belasten. Im Gegensatz dazu lassen sich mit verdrängergesteuerten Antrieben gute Wirkungsgrade der Energieübertragung erzielen. Aufgrund der geringeren Dynamik elektrohydraulisch verstellbarer Pumpen und insbesondere wegen einiger schaltungstechnischer Eigenheiten hydrostatischer Getriebe ist das dynamische Verhalten derartiger Antriebe für den Einsatz in geregelten Systemen aber wenig geeignet.

Für Regelantriebe großer Leistung waren daher Lösungen aufzusuchen, die die Vorteile beider Steuerungsarten verbinden, ohne deren Nachteile zu besitzen. Dazu mußte einerseits die Volumenstromdynamik der als Stellglied eingesetzten Servopumpe gesteigert werden, was durch eine systematische Optimierung des Stellsystems mit einem neuen Berechnungsverfahren oder über durch eine Parallelschaltung der Servopumpe mit einem schnellen Servoventil ermöglicht werden kann. In beiden Fällen ist eine Volumenstromdynamik erreichbar, die mit der von schnellen Stetigventilen vergleichbar ist.

Andererseits mußten die in der Schaltung des hydrostatischen Getriebes begründeten Ursachen für die geringe Steifigkeit und das ungünstige Verhalten beim Wechsel der Lastrichtung beseitigt werden. Dazu wurde die konventionelle Schaltung des hydrostatischen Getriebes mit Spül- und Speiseventilen, die auf der jeweiligen Niederdruckseite ein festgelegtes Druckniveau erzwingt, verlassen. Durch ein aus dem Hochdruck des Stellkreises gespeistes Netzwerk von Widerständen wird

stattdessen das statische Druckniveau in beiden Arbeitsleitungen auf etwa den halben Maximaldruck angehoben, so daß der Motor hydraulisch eingespannt ist und die Drücke sich bei Belastung wie in einem ventilgesteuerten Antrieb verhalten. Dadurch weist der Antrieb gegenüber konventionellen Getrieben eine verdoppelte Steifigkeit, eine halbierte hydraulische Zeitkonstante und eine um den Faktor $\sqrt{2}$ erhöhte Eigenfrequenz auf.

Für die Schaltung des verspannten hydrostatischen Getriebes mußte ein neuartiges Spülkonzept gefunden werden, das in der Lage ist, in den unter Druck stehenden Leitungen den zur Kühlung erforderlichen Flüssigkeitsaustausch vorzunehmen. Hierzu werden zwei Verdrängermaschinen verwendet, von denen eine als Pumpe und die andere als Motor mit derselben Arbeitsleitung verbunden wird. Auch für den Antrieb der in der industriellen Praxis bevorzugt eingesetzten Differentialzylinder wurden Schaltungen entwickelt, die den eingespannten Betrieb im geschlossenen Kreislauf ermöglichen.

Die Betrachtung der neuartigen Antriebe unter regelungstechnischen Gesichtspunkten zeigt, daß die für drosselgesteuerte Antriebe entwickelten Beschreibungsverfahren direkt auf die verspannten hydrostatischen Getriebe anwendbar sind. Ein Unterschied liegt darin, daß Kennwerte, die bei Drosselsteuerungen durch Linearisierung gewonnen werden müssen, bei Verdrängersteuerungen tatsächlich konstant sind; dadurch wird die Auslegung von Regelungen wesentlich vereinfacht und das Betriebsverhalten ist kaum vom Arbeitspunkt abhängig. Das dynamische Verhalten untersuchter Antriebe zeigte im Vergleich zu ventilgesteuerten Servoantrieben gleichwertige Ergebnisse, wobei in der Bewegung wesentlich größere Laststeifigkeiten erzielt werden konnten.

Die Energieausnutzung der verdrängergesteuerten Servoantriebe ist naturgemäß erheblich besser als bei Drosselsteuerungen; außerdem besteht die Möglichkeit der Energierückgewinnung aus kinetischer oder potentieller Energie der Last. Der

Einsatzbereich der neuartigen Servoantriebe mit primärer Verdrängersteuerung wird also dort zu suchen sein, wo Antriebe großer Leistung in Lage- oder Kraftregelkreise integriert werden sollen.