

## 6. Zusammenfassung

Ausgehend von einer Systematik werden die verschiedenen Arten möglicher Motorregelungen vorgestellt. Es handelt sich hierbei um Regelungen an verstellbaren Verdrängereinheiten, bei denen der am Motor anliegende Druck durch ein zentrales Drucknetz vorgegeben ist. Die schaltungstechnischen Lösungsvorschläge umfassen Drehzahl-, Drehwinkel-, Leistungs- und Drehmomentregelungen. Die aufgeführten neuartigen Antriebskonzepte zeichnen sich durch den Vorteil aus, daß im Leistungskreis keine steuerungsbedingten Verluste anfallen. Alle zur Auslegung notwendigen Bauteile werden beschrieben, wobei sowohl hydraulisch-mechanische als auch elektro-hydraulische Komponenten mit berücksichtigt werden. Am Beispiel einer handelsüblichen Axialkolben-einheit in Schrägachsenbauart mit stetigem Nulldurchgang wird die grundsätzliche Funktionsfähigkeit dieses Verdrängertyps für die vorgesehenen Anwendungsfälle nachgewiesen. Bemerkenswert dabei ist der stetige Nulldurchgang des abgegebenen Drehmomentes.

Zur Analyse einer hardwaremäßig ausgelegten, vorgesteuerten hydraulisch-mechanischen Drehzahlregelung werden ein linearisiertes und ein nichtlineares Modell entwickelt. Aufgrund der schwingungsanfälligen Regelkreisstruktur - Regelstrecke und Regler haben ein integrales Verhalten - werden Korrekturmaßnahmen diskutiert, die der Forderung praxisgerechter Fertigungsmöglichkeiten Rechnung tragen. Eine Analyse der Regelkreisstruktur erfolgt mit Hilfe des Wurzelortsverfahrens. Im Versuchsfeld wurde ein ausgelegter Antrieb mit Hilfe einer leistungsfähigen Belastungseinrichtung erprobt, so daß eine Übereinstimmung des realen Verhaltens mit dem entwickelten Modell nachgewiesen werden konnte. Umfangreiche Parameteränderungen verdeutlichen das stationäre und das dynamische Verhalten der Drehzahlregelung. Eine vereinfachte Betrachtung anhand des linearisierten Modells führt schließlich zu einem Flußdiagramm, welches die Vorgehensweise zur Antriebsauslegung transparent macht.

Die Entwicklung der elektro-hydraulischen Drehzahlregelung ist

durch den Lösungsweg bei der hydraulisch-mechanischen Drehzahlregelung vorgezeichnet. Da die Reglerstruktur dabei keinen konstruktiven oder fertigungstechnischen Einschränkungen unterworfen ist, erfolgt eine Reglersynthese mit Hilfe des Wurzelortsverfahrens. Hierbei zeigt sich für den einschleifigen Regler die Notwendigkeit eines D-Anteils, während der mehrschleifige zu einer stabilen Antriebsauslegung führt, ohne daß die Übertragungsfunktionen des Reglers Pol- oder Nullstellen aufweisen. Das linearisierte Modell dient wieder der Ableitung charakteristischer Antriebskennwerte, die die Auslegung entscheidend vereinfachen. Die hieraus folgende Betrachtung des Drehzahlregelkreises als ein schwingungsfähiges System 2. Ordnung bestätigte sich sowohl anhand der Wurzelortskurven als auch mit der realen Antriebsuntersuchung im Zeit- und Frequenzbereich. Die Möglichkeit, beim elektro-hydraulischen Regler eine Stellwegrückführung auf einfache Art nachgebend gestalten zu können, macht die Aufzeichnung stationärer Kennfelder überflüssig, da kein Regelfehler mehr auftritt. Die vorhandenen Nichtlinearitäten wie Stellweg- und Ventilstrombegrenzungen erweisen sich für die Stabilität des Drehzahlregelkreises als unbedeutend.

Im letzten Teil der Arbeit wird der elektro-hydraulische Drehzahlregelkreis als Regelstrecke im Lageregelkreis erprobt. Die vereinfachte linearisierte Betrachtung führt dabei zu einem System 3. Ordnung, das in der dimensionslosen Form dem herkömmlicher Antriebe entspricht. Versuchsergebnisse, die im Zeit- und Frequenzbereich vorgestellt werden, bestätigen die Funktionsfähigkeit eines derartigen Antriebskonzeptes. Im Gegensatz zur Drehzahlregelung nehmen jetzt die im System vorhandenen Nichtlinearitäten, insbesondere die Begrenzungen, Einfluß auf die Stabilität des Kreises. Aus vorgenanntem Grund ist für die Fortführung der Arbeit die Einbeziehung dieser Nichtlinearitäten in ein analytisches Modell zur Reglerauslegung erforderlich. Ein adaptives Regelsystem kann dann unabhängig von Last und Sollwert für ein zeitoptimales, überschwingfreies Einfahren in die Sollposition sorgen.

Abschließend läßt sich sagen, daß die hydrostatische Antriebs-

technik durch die Regelungen von Verstellmotoren - als ein zusätzliches Antriebskonzept mit integrierter Brems- oder Hubenergieerückgewinnung - um eine Systemlösung reicher geworden ist, die im Zeitalter der Ressourcenknappheit eine hervorragende Alternative zu den konventionellen Antrieben darstellt.