

Schwenzer Reinhard

Zusammenfassung

Pneumatische Antriebe haben als Stellorgane bei Prozesssteuerungen und bei der Automatisierung von Maschinen und Anlagen eine große Bedeutung erlangt. Als wesentliche Vorteile gegenüber den konkurrierenden Antriebstechnologien sind z.B.

- der einfache, kompakte und robuste Aufbau, wodurch geringe Fertigungs- und Wartungskosten und eine hohe Verfügbarkeit gewährleistet sind, und
- die erreichbaren großen Verfahrgeschwindigkeiten und Beschleunigungen, die sehr kurze Taktzeiten ermöglichen zu nennen.

Wegen der schlechten Positionierbarkeit pneumatischer Antriebe infolge der Kompressibilität von Luft beschränkt sich jedoch bisher der Einsatz vor allem auf einfache Stellfunktionen mit binärer Umschaltcharakteristik, während die im Zuge der heutigen Automatisierungsbestrebungen zunehmend geforderten stetigen Verstellungen vorwiegend elektrisch oder hydraulisch ausgeführt werden. Ziel der im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen war daher die Entwicklung leistungsfähiger Regelungskonzepte für pneumatische Antriebssysteme, die in der Lage sind, die große Nachgiebigkeit pneumatischer Zylinderantriebe zu kompensieren und damit ihren Einsatz im Bereich von Servoanwendungen zu ermöglichen.

Wie die hierzu durchgeführten umfangreichen Untersuchungen klassischer Reglerstrukturen gezeigt haben, ist eine ausreichende Kompensation der Kompressibilitätseffekte nur mit Zustandsregelungen erreichbar, die beim Einsatz qualitativ hochwertiger Servoventile auch bei extrem großen Reglerverstärkungen noch ein stabiles Systemverhalten und damit ausgezeichnete Leistungsdaten gewährleisten. Infolge der sehr hohen Verstärkungen erreichen zustandsgeregelte Pneumatikantriebe ein nahezu zeitoptimales aperiodisches (d.h. überschwingfreies) Bewegungsverhalten, wobei die erreichbare Positioniergenauigkeit und Nachgiebigkeit im wesentlichen nur durch den Rauschpegel und die Auflösung der verwendeten Messaufnehmersysteme begrenzt wird.

Da die zum Aufbau einer Zustandsregelung benötigten Hilfsregelgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung durch Beobachter- oder Differenziererschaltungen aus dem Wegsignalverlauf bestimmt werden können, sind auch die Kosten derartiger Reglerstrukturen sehr gering. Allerdings wird der Störpegel der Regelungssignale bei einer indirekten Erfassung der Zustandsgrößen deutlich-vergrößert.

Die maximal erreichbare stabile Reglerverstärkung liegt bei dem untersuchten (analog geregelten) Antriebssystem z.B. bei etwa 1.000, wobei allerdings bereits ein beträchtlicher Störpegel im Regelungssignal auftritt, der wegen des zu geringen Frequenzabstandes zu den Nutzsignalen nicht mehr wirkungsvoll ausgefiltert werden kann.

Während einfache Differenziererschaltungen im vorliegenden Fall nur noch bis zu einer Verstärkung von etwa 50 eingesetzt werden konnten, ohne dass der z.B. bei

Dithersignalen übliche Brummpegel im Regelungssignal überschritten wurde, konnten mit dem Beobachter-Regler unter den gleichen Bedingungen noch etwa doppelt so große Reglerverstärkungen erreicht werden. Ein deutlicher Nachteil des Zustandsbeobachters ist jedoch in der Praxis der wesentlich höhere Entwurfs-, Schaltungs- und Abgleichaufwand von Beobachterschaltungen, so dass in den meisten Anwendungsfällen sicherlich der einfachere Differenzierer- Regler vorzuziehen ist.

Die Anpassung des Reglers an die Auslegung und die Belastungsverhältnisse des Antriebssystems kann vollautomatisch durch einfache Adaptionalgorithmen vorgenommen werden, die aufgrund charakteristischer Merkmale des Positionierverhaltens iterativ die optimalen Reglerparameter bestimmen und ggf. an langfristige Systemveränderungen anpassen. In der Regel sind auch bei extrem verstellten Startparametern nur wenige Adaptionszyklen notwendig, um die optimalen Reglerkoeffizienten zu ermitteln.

Ein Ausgleich von kurzzeitigen Störungen (z.B. Änderung der Reibung, Versorgungsdruckschwankungen oder Erschütterungen) oder von arbeitspunktabhängigen Parameterunterschieden kann durch eine überaperiodische Reglereinstellung erzielt werden, ohne dass die Übererschwingfreiheit beeinträchtigt wird. Wegen des relativ einfachen Reglerabgleichs und der geringen Parameterempfindlichkeit sind adaptive Regelungskonzepte i.a. nur bei sehr hohen Anforderungen an die Regelgüte notwendig.

Infolge des vergleichsweise einfachen Aufbaus und der sehr guten statischen und dynamischen Eigenschaften können pneumatische Servoantriebe somit in vielen Fällen als interessante und kostengünstige Alternative zu elektrischen und hydraulischen Servosystemen im Bereich niedriger Leistungen angesehen werden.