

Kompensation statischer Positionsfehler mit Hilfe des schaltenden Integrators

Beschäftigt man sich mit der Regelungstechnik in der Hydraulik, so kommt man um den Begriff „schaltender Integrator“ nicht herum. Dieser spezielle Integrator wird normalerweise in Zusammenhang mit Positionsreglern verwendet. Aber starten wir erst mal am Anfang. Der hydraulische Positionsregelkreis hat genauso wie der elektrische ein integrierendes Verhalten. Daraus folgt, dass zur Regelung der Position ein proportional arbeitender Regler einzusetzen ist (bei einem Regler mit Integralanteil ist meist ein sehr starkes Schwingen zu beobachten, da die Summe der beide Integralanteile eine Phasenverschiebung von 180° ergibt). Würden alle Komponenten ein ideales Verhalten aufweisen, so gäbe es auch keine Positionsfehler. In der Praxis sind aber folgende Fehlerquellen, welche die Positioniergenauigkeit beeinflussen, vorhanden:



(Beispiel: UHC-126)

1. Signalauflösung der Positionsmessung
2. Nullpunkt des Ventils
3. temperaturabhängige Veränderungen
4. Ansprechempfindlichkeit / Hysterese
5. Signalauflösung des Ventils / der Ventilansteuerung
6. Kraft- und Reibungsfehler infolge Druckverstärkungscharakteristik

Dabei ist der Fehler (1) nicht regelungstechnisch kompensierbar. Die Fehlerquellen (2) und (3) sind statische bzw. sich langsam ändernde Fehler. Die Punkte (4) und (5) sind durch geeignete Komponenten lösbar (die Produkte sind heute so gut, dass dies erst bei sehr hohen Anforderungen relevant wird), die Fehlerquelle (6) ist prozessabhängig und eine Kompensation ist in jedem Zyklus erforderlich.

Wie kann die Genauigkeit verbessert werden?

Um diese Fehler zu kompensieren, wird nun ein „schaltender Integrator“ eingesetzt. Die Besonderheit gegenüber einem klassischen PI-Regler ist:

- Er arbeitet relativ langsam, damit die Stabilität des Systems nicht negativ beeinflusst wird.
- Er wird erst aktiviert, wenn sich der Antrieb nahe der Zielposition befindet (damit es zu keinem ungewollten Integrieren kommt).

- Und er wird, wenn das gewünschte Positionsfenster erreicht wurde, gestoppt (damit kein Limit-Cycling entstehen kann).

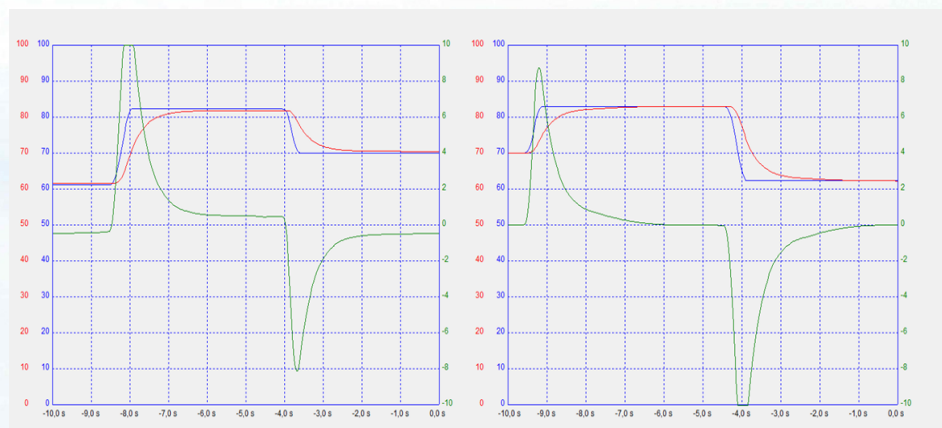
Mit einem solchen schaltenden Integrator sind Positioniergenauigkeiten im Bereich von μm möglich.

Geht es vielleicht noch besser?

Eine Einschränkung gibt es noch. Hat das Ventil einen Nullpunktfehler (2+3) und muss gleichzeitig gegen eine Kraft (6) positioniert werden, so dauert der Positioniervorgang in der einen Richtung relativ lange und in der anderen Richtung wird erst die Position überfahren und dann zurückgeregelt. Dies kann man einfach lösen, indem zwei „schaltende Integratoren“ verwendet werden. Der erste ist zur Kompensation von langsamen, quasi konstanten Einflüssen und der zweite für die zyklischen, prozessabhängigen Einflüsse zuständig.

Zusammenfassung:

- Durch den Einsatz eines schaltenden Integrators kann sehr genau positioniert werden.
- Will man überschwingfrei positionieren, so sind die Fehlerquellen unterschiedlich zu betrachten, und der Einsatz von zwei schaltenden Integratoren (einer für die Driftkompensation und einer fürs Feinpositionieren) ist in Betracht zu ziehen.
- Die Driftkompensation wird über die Maschinensteuerung zu definierten Zeitpunkten aktiviert, die Feinpositionierung arbeitet bei jedem Positioniervorgang automatisch.



ROT = Sollwert, BLAU = Istwert, GRÜN = Regelabweichung. Links, Positionieren gegen eine Lastkraft ohne Feinpositionierung und rechts mit Feinpositionierung