

Konzeption und Modellierung eines HIL-Prüfstandes für pneumatische Stellventile der Prozessautomatisierung



Tim Sennhenn und Gawain Kaltenbach
 Fachbereich Maschinenbau und Kunststofftechnik

Ausgangssituation

Durch das Zusammenspiel grundlegender Wissensbereiche, wie Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau, unterscheiden sich heutige pneumatische Stellregelventile (siehe Abbildung 1) gegenüber dem traditionellen Stellventil enorm. Mit dieser höheren Komplexität wachsen wiederum die Anforderungen, die mit der Herstellung solcher pneumatischen Stellventile einhergehen. Um frühzeitig im Produktentstehungsprozess Fehler zu erkennen, wird neben der eigentlichen Produktion softwareseitig ein Modell generiert. Hierbei können mögliche Fehlerszenarien simuliert werden. Dies hat zur Folge, dass frühzeitig die Produktion bzw. der Entwicklungsprozess angepasst und somit monetäre Aspekte in den Vordergrund gerückt werden können.



Abbildung 1 Schnittbild eines Stellregelventil der Firma Samson AG

Zielsetzung

Das pneumatische Stellregelventil besteht grundsätzlich aus Stellventil, Stellantrieb und Stellungsregler. Wobei Stellventil und Stellantrieb in ihrer Konstruktion hohe Varianzen aufweisen. Dazu kommen weitere Einflussfaktoren wie z.B. verschiedene Luftversorgungsdrücke (Stellantrieb) an unterschiedlichen Einsatzorten. Somit kommt zu der Varianz der Bauteile noch eine Varianz an Einsatzbedingungen hinzu. Daran hat auch das durchfließende Prozessmedium einen signifikanten Anteil. Als maßgebliche Einflussindikatoren zählen Druck, Durchfluss, Temperatur, Dichte etc. Damit in der Prozessautomatisierung das durchfließende Prozessmedium ausreichend gut geregelt werden kann, ist ein Stellungsregler unerlässlich. Somit kann auf mögliche Fehlerszenarien reagiert werden, bzw. diese ausgegeregelt werden. Damit der Prozess ungestört bleibt. Stellungsregler sind komplexe, intelligente, mechatronische Systeme, die als Vorbereitung auf Industrie 4.0 auch Schnittstellen zur Kommunikation aufweisen. Aufgrund der vielen Funktionen und der hohen Varianz der zu regelnden Strecke unterliegen Stellungsregler einem hohen Testaufwand. Das Ziel dieser Arbeit ist daher, das Konzept für einen Hardware in the Loop Prüfstand zu entwerfen, mit dessen Hilfe es möglich ist, den Testaufwand zu reduzieren und die

Testphase zu beschleunigen. Der Prüfstand benötigt ein digitales Modell von Stellventil und Stellantrieb. Somit können mögliche Modellparameter einfach variiert und getestet werden. Als Schnittstelle zwischen Stellungsregler und dem digitalen Modell dient ein Echtzeitrechner der Firma „dSPACE“. Das Simulationsmodell wird in der Software Matlab/Simulink angefertigt.

Modellbildung

Um die komplexe Realität anhand eines Simulationsmodells am Computer abzubilden, ist es wichtig die komplexen Zusammenhänge von Systemen soweit aufzuteilen, bis einfache Systeme in physikalischer und mathematischer Sicht beschrieben, oder wenn dies nicht möglich, anhand von Messreihen abgebildet werden. Die Aufgabe ist, ein Modell zu erstellen, welches die Varianzen von Aktoren und Ventilen abbildet. Darüber hinaus soll das Modell mögliche Prozessfehler aufgreifen, um die Hardware zu überprüfen. Um das Modell zu verifizieren, ist uns ein Stellregelventil der Firma Samson AG (Abbildung 1) zu Verfügung gestellt worden. Anhand dieses Stellregelventils wird das Modell aufgebaut und getestet. Bei dem Stellregelventil handelt es sich um ein System, bestehend aus Stellantrieb, Stellungsregler und Hubventil.

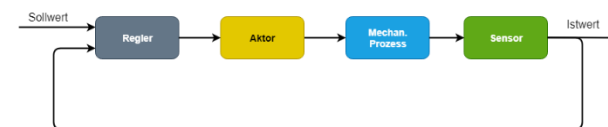


Abbildung 2 Standardregelkreis eines mechatronischen Systems

In Anlehnung an den Standardregelkreis (Abbildung 2), bestehend aus Regler, Aktor, Mechanischer Prozess und Sensor wurde das untere Modell (Abbildung 3) in Matlab/Simulink und Simscape erstellt.

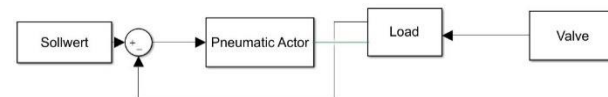


Abbildung 3 Übersicht des Simulationsmodells

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Modellbildung zwischen blockorientierter und objektorientierter Computersprache unterschieden wird. Beide wurden im Modell angewendet und konnten über Schnittstellen miteinander verbunden werden. Darüber hinaus sind beide Computersprachen hierarchisch aufgebaut. Das abzubildende System ist also in mehreren Ebenen aufgebaut, wobei eine tiefere Ebene eine feinere Darstellung der realen Probleme bedeutet.

Das Modell

Zur Validierung wurde das fertige Modell sowie das reale Ventil mit dem gleichen Sollwert beaufschlagt und die Verläufe übereinandergelegt. In Abbildung 4 ist das Ergebnis zu sehen (Sollwert = rot, Istwert real = blau, Istwert Modell = schwarz). Durch das Verwenden von modellorientierten und blockorientierten Simulationsblöcken ist es gelungen ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen. Das erarbeitete Modell kann im Hardware in the Loop Prüfstand verwendet werden um den Stellantrieb des Ventils zu simulieren. Damit auch Fehlerfälle, wie z.B.: Erhöhte Reibung im Antrieb oder zu geringer Stelldruck aufgrund einer defekten Druckluftleitung simuliert werden können, werden alle physikalischen

Größen durch Variablen beschrieben. Diese können leicht abgeändert werden um entsprechende Fehlerfälle zu simulieren.

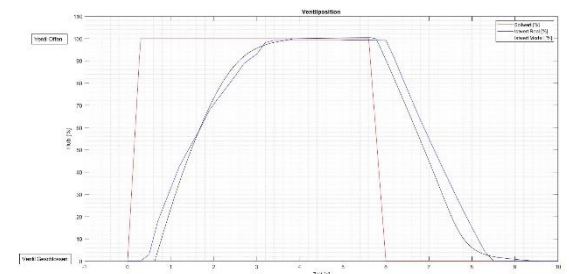


Abbildung 4 Vergleich Modell vs. Realität

Das Konzept

In Abbildung 5 ist ein Überblick über den Aufbau des Prüfstands zu sehen. Dabei wird über das Servoventil 1 der Arbeitsdruck geregelt, welcher die Aus- und Einfahrtgeschwindigkeit des Pneumatikzylinders vorgibt. Über das daran angeschlossene 5/3 Wege Ventil können die Zustände: Ausfahren, Position halten und Einfahren gesteuert werden. Einen Block weiter rechts im Schaubild befindet sich der Pneumatikzylinder. Dieser ist mechanisch mit dem eigentlichen Stellungsregler des Ventils gekoppelt. Durch diese Kopplung bewegt sich der Hebel des Reglers. Mit Hilfe der Stellung des Hebels wird die aktuelle Position intern im Regler bestimmt. Damit die Position auch der Prüfstandssteuerung bekannt ist, wird der Hebel des Reglers zusätzlich mit einem Linearpotentiometer gekoppelt. Um den sog. Gegendruck zu simulieren welcher durch die Federkraft der im Antrieb verbauten Federn hervorgerufen wird (siehe Abbildung 1), werden noch zwei weitere Servoventile verbaut. Über Servoventil 2 wird Druck aufgebaut, also das Öffnen des Ventils simuliert. Über Servoventil 3 kann der Druck wieder in die Umgebung entweichen, sodass auch ein Schließen des Ventils simuliert werden kann. Um den Druck zu messen, den der Regler auf den Stellantrieb gibt, wird ein Drucksensor an den Regler angeschlossen. Verarbeitet werden diese Daten in der dSpace Echtzeitrechner (Box unten rechts in Abb.5). Auf dem Echtzeitrechner wird das vorher mit Matlab/Simulink erstellte Modell des Stellantriebs in Echtzeit durchlaufen. Zusammen mit den gemessenen Werten kann das Verhalten eines realen, physisch vorhanden, Ventils nachempfunden werden. Zusätzlich wird von dem Echtzeitrechner auch die Ansteuerung der diversen Aktoren ausgeführt.

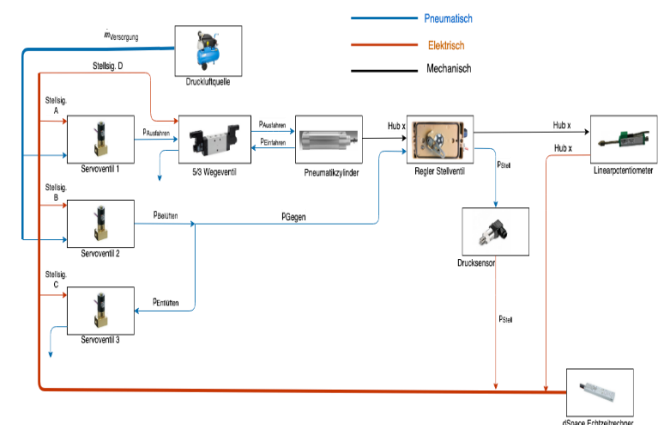


Abbildung 5 Übersicht Konzept