

Dipl.-Ing. Günter Tewes, Marktoberdorf

Ein Beitrag zur Fuzzy-Regelung von elektrohydraulischen Systemen

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik Nr. **701**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Forschung und Ziele dieser Arbeit	3
2.1	Entwicklung der Fuzzy-Regelung	4
2.2	Fuzzy-Regelung in der Hydraulik	5
2.2.1	Adaption von konventionellen Reglern mit Fuzzy-Logik	6
2.2.2	Direkte Anwendung von Fuzzy-Logik	7
2.2.3	Neuro-Fuzzy	8
2.3	Ziele dieser Arbeit	9
3	Fuzzy-Regelung	11
3.1	Grundlagen der Fuzzy-Logik	11
3.1.1	Eigenschaften von Fuzzy-Mengen	13
3.1.2	Rechenoperationen auf Fuzzy-Mengen	15
3.2	Grundlagen der Fuzzy-Regelung	18
3.2.1	Fuzzifizierung	20
3.2.2	Regelbasis und Inferenz	21
3.2.3	Defuzzifizierung	26
3.2.4	Übertragungsverhalten eines Fuzzy-Reglers	28
3.2.5	Dynamischer Fuzzy-Regler	31
3.3	Stabilität von Fuzzy-Regelungen	31
3.4	Implementierung von Fuzzy-Regelungen	32
4	Praktischer Aufbau der Regelstrecke	34
4.1	Hydraulische Stellglieder	36
4.1.1	Verstellpumpe	37
4.1.2	Verbraucherventile	40
4.2	Meßtechnik und Elektronik	41
4.3	Software	44

5	Theoretische Untersuchungen	46
5.1	Analyse der Regelstrecke	46
5.1.1	Prinzipielle Funktionsweise des Load-Sensing-Systems	47
5.1.2	Unterversorgungsproblematik	49
5.1.3	Merkmale des elektrohydraulischen Load-Sensing-Systems	51
5.2	Auslegung von Fuzzy-Reglern unter MATLAB/SIMULINK	52
5.2.1	Vereinfachtes mathematisches Modell der Regelstrecke	53
5.2.2	Simulationsergebnisse	57
6	Experimentelle Untersuchungen	64
6.1	Prinzipielle Vorgehensweise beim Aufbau der Regelung	64
6.2	Load-Sensing-Regelung	67
6.2.1	Vorgehensweise bei der Reglerauslegung	68
6.2.2	Einfacher Regelalgorithmus	69
6.2.2.1	Erster Entwurf des Reglers	70
6.2.2.2	Variation der Reglerparameter	75
6.2.3	Erweiterter Regelalgorithmus	81
6.2.4	Regelalgorithmus mit zusätzlicher Eingangsgröße	102
6.3	Einbeziehung weiterer Verbraucher	107
6.4	Erweiterung der Regelung	111
6.4.1	Minimale Volumenströme und Stand-By-Betrieb	112
6.4.2	Maximaldruckabschneidung	114
6.4.3	Unterversorgung	117
6.5	Funktionserweiterung des Frontladers	120
6.5.1	Lageregelung der Verbraucher	121
6.5.2	Endlagendämpfung	125
6.5.3	Ziehender Verbraucher	126
6.6	Feldversuche	128
7	Hinweise für den Einsatz und die Auslegung von Fuzzy-Reglern für hydraulische Regelstrecken	133
7.1	Potential der Fuzzy-Regelung in der Hydraulik	133
7.2	Voraussetzungen für den Aufbau einer Fuzzy-Regelung	136
7.3	Vorgehensweise bei der Auslegung von Fuzzy-Reglern	137

8	Zusammenfassung und Ausblick	139
9	Literaturverzeichnis	141