

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

VII

1	Eine geregelte Einführung	1
2	Modellbildung (nicht zu verwechseln mit gebildeten Models)	5
2.1	Der Regelkreis, die kreisende Regel	9
2.2	Der „kleine“ Unterschied: Steuerung und Regelung	11
2.3	Beschreibung von Übertragungsgliedern	12
2.3.1	Original und Fälschung	12
2.3.2	Linearisierung, aber wie?	18
2.3.3	Lineare zeitinvariante Eingrößensysteme	20
2.3.4	Hin und Her: Dynamisches Verhalten	22
2.3.4.1	Die Übertragungsfunktion und Sprungantwort	29
2.3.4.2	Nur für Schlägertypen: Die Impulsantwort . .	31
2.3.4.3	Faltung: Jenseits der Sprünge und Impulse .	33
2.3.5	Übertragung von periodischen Signalen	35
2.3.6	Laplace: Der „Rechenschieber“ für die Rätseltechnik .	38
2.3.6.1	Laplace-Transformation	40
2.3.6.2	Rechenregeln für Blockschaltbilder	49
2.3.7	Darstellungsformen im Bildbereich	54
2.3.7.1	Die Ortskurve	54
2.3.7.2	Das Bode-Diagramm	55
2.3.7.3	Die Pol-Nullstellen-Verteilung	57
2.3.8	Die wichtigsten Übertragungsglieder	60
2.3.8.1	Das P-System (gaaaanz trivial)	60
2.3.8.2	Das I-System (eine Tasse Kaffee)	62
2.3.8.3	Das P-T1-System (schon wieder?)	66
2.3.8.4	Das P-T2-System (jetzt wird's so richtig komplex)	69
2.3.8.5	Wir schlagen die Zeit tot: Das Totzeit-System (oder: Totzeit macht den Regler tot)	100

2.3.8.6	Das D-T1-System (Ableiten rauscht)	103
2.3.8.7	Das allgemeine Übertragungsglied (ganz abstrakt)	106

3 Stabilität von Regelkreisen 113

3.1	Das Hurwitz-Kriterium	116
3.2	Jenseits von Kalle Blomquist: Das Nyquist-Kriterium . .	122

4 Auslegung von Reglern 129

4.1	Der CD-Regelkreis	129
4.1.1	Modellbildung	131
4.1.2	P-Regler — ein Versuch?	138
4.1.3	Anforderungen an den Regler	142
4.1.4	Stellgrößenaufschaltung	145
4.1.5	Regelung mit einem PI-Regler	146
4.1.6	Regelung mit einem PID-Regler	148
4.2	Einstellregeln für PID-Regler	152
4.2.1	Einstellregeln nach Ziegler-Nichols: Methode des Stabilitätsrandes	152
4.2.2	Einstellregeln nach Ziegler-Nichols: Methode der Sprungantwort	153
4.2.3	Einstellregeln nach Chien, Hrones und Reswick: Methode der Sprungantwort	155

5 Nieder mit der Schwerkraft: Es schwebt die Kugel 156

5.1	Die schöne Kugel und der alte Elektromagnet	158
5.2	Modellbildung	161
5.3	Die Sensorik	165
5.3.1	Operationsverstärker — gaaaanz einfach	166
5.3.2	Lampe, Solarzelle und Kugel	168
5.4	Die Spannungsversorgung	172
5.5	Der Regler	176
5.6	Der Verstärker für den Magneten	180
5.7	Aufbau der Schaltung: Bestücken und Löten	184
5.8	Die Inbetriebnahme: Einschalten und riechen!	189
5.9	Erweiterung der Schaltung	191

6	Wir kriegen Zustände: Der Zustandsraum	193
6.1	Das Abeze des Zustandsraumes	201
6.1.1	Antrieb für einen Druckkopf	203
6.1.2	Zurück zur Übertragungsfunktion	209
6.1.3	Stabiler Charakter: Das charakteristische Polynom	211
6.1.4	Lineare Zustandstransformation	212
6.1.5	Gaaaanz normal: Die Regelungsnormalform	214
6.1.6	Fast normal: Die Beobachtungsnormalform	216
6.1.7	Total schräg: Die Diagonalform oder Jordanform	219
6.1.8	Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit	221
6.2	Die Zustandsregelung	223
6.3	Das Verfahren der Polzuweisung	225
6.4	Beobachter	229
7	Alles geregelt?	234
8	Trainingseinheiten	237
8.1	Also jetzt erstmal ein paar Fragen	239
8.2	...und hier die Antworten	245
8.3	Aufgaben mit Lösungsweg	260
8.3.1	Aufgaben zum Abschnitt Modellbildung	261
8.3.2	Aufgaben zum Abschnitt Stabilität	282
8.3.3	Aufgaben zum Abschnitt Reglerauslegung	288
8.3.4	Aufgaben zum Abschnitt Schwebende Kugel	290
8.3.5	Aufgaben zum Abschnitt Zustandsraum	296
	Literaturverzeichnis	300
	Index	302