

Günter Roth

Regelungstechnik

Wirkungsweisen, Anwendungen und systemorientierte
Grundlagen in anschaulicher Darstellung

2. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Hüthig Verlag Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

1 Wesen und Aufgaben der Regelungstechnik

1.1 Standort der Regelungstechnik	1
1.2 Prozessautomatisierung und Regelungstechnik	2
1.3 Strecke	4
1.4 Steuern und Regeln	5

2 Zusammenwirken der Regelkreissysteme

2.1 Zusammenwirken bei einer Temperaturregelung	10
2.2 Regelgröße und Rückführgröße	15
2.3 Verallgemeinerung des Zusammenwirkens	17

3 Regelstrecken

3.1 Identifizierung	23
3.2 Einige ausgewählte Beispiele	25
3.2.1 P-Regelstrecken	25
3.2.2 I-Regelstrecken	30
3.2.3 Schwingfähige Regelstrecken	34
3.2.4 Nichtreguläre Regelstrecken	35

4 Regler

4.1 Regeleinrichtung und Regler	39
4.2 Analoge stetige Regler	41
4.2.1 Reglerfunktional	41
4.2.2 Grundregler und zusammengesetzte Regler	42
4.2.2.1 Grundregler	42
4.2.2.2 D-Komponente	44
4.2.2.3 Zusammengesetzte Regler	46
4.3 Elektronische Regler	49
4.3.1 Gestaltung mit Rechenverstärkern	49
4.3.2 Gestaltung mit Digitalprozessoren	54
4.3.2.1 Ansätze mit Algorithmen	54
4.3.2.2 Fuzzy-Ansätze	57
4.3.2.3 Gestaltungsmöglichkeiten	66
4.4 Pneumatische Regler	67
4.5 Hydraulische Regler	78

5 Regelkreise

5.1 Arten der Regelung	80
5.1.1 Art des Automatisierungsgrades	80
5.1.2 Art der Führungsgröße	80
5.2 Grundprobleme des Regelkreises	84

5.2.1	Stabilität	84
5.2.2	Optimierung	86
5.2.2.1	Optimierungskriterien	86
5.2.2.2	Auswahlregeln	91
5.2.2.3	Einstellregeln	93
5.3	Verhalten von Regelungen.....	96
5.3.1	Wirkungskreis und Regelkreis	96
5.3.2	Regelziele	97
5.3.3	Kennlinienanalyse	99
5.3.4	Dynamisches Verhalten der Störungsregelung mit z^*	102
5.3.4.1	Einleitung	102
5.3.4.2	Regelung der P_K -Regelstrecke	102
5.3.4.3	Regelung der P_I -Regelstrecke	106
5.3.4.4	Vergleich der Regelung von P-Regelstrecke und I-Regelstrecke	107
5.3.4.5	Regelung nichtregulärer Regelstrecken	107
5.3.5	Dynamisches Verhalten der Störungsregelung mit z^{**}	110
5.3.6	Dynamisches Verhalten bei Führungsregelung	111
5.3.6.1	Sprungförmige Führungsgröße	111
5.3.6.2	Anstiegsförmige Führungsgröße	112
5.4	Vergleich der Reglerwirksamkeiten.....	114
6	Mehrpunktregelungen	
6.1	Motivation	118
6.2	Zweipunktregelung	119
6.2.1	Kennliniendarstellungen	119
6.2.2	Regelung der P_I -Regelstrecke	120
6.2.3	Regelung der $P_I T_t$ -Regelstrecke	124
6.2.4	Regelung der P_K -Regelstrecke	126
6.2.5	Regelung der $I_0 T_t$ -Regelstrecke	126
6.2.6	Optimierung	127
6.2.7	Störgrößeneinfluss	128
6.3	Dreipunktregelung	130
6.3.1	Dreistufenregelung	130
6.3.2	Zweilaufregelung	131
6.4	Stetigähnliche Regelung	133
6.4.1	Stetigähnliches Übertragungsverhalten	133
6.4.2	Zweipunktregler mit Rückführung	136
6.4.3	Dreipunktregler mit Rückführung	141
6.4.4	Zusammenfassung	144
7	Regelkreiserweiterungen	
7.1	Übersicht	147
7.2	Steuernde Erweiterungen	147
7.3	Eingrößen-Mehrschleifenregelung	151
7.4	Modellrückführung	158
7.5	Mehrgrößenregelung	160

8 Fuzzy Regelung

8.1	Einschätzung	163
8.2	Fuzzy-Automat und Fuzzy-Regelung	165

Anhang I : Wirkungstechnische Grundlagen

A1 Signale

A1.1	Information und Signal.....	169
A1.2	Einteilung der Signale	170
A1.2.1	Analoge Signale	170
A1.2.2	Digitale Signale.....	172

A2 Analoge Übertragungsnetze

A2.1	Stetige und unstetige Systeme.....	178
A2.2	Elektrische Übertragungsnetze.....	178
A2.2.1	Netzelemente.....	178
A2.2.2	Quellen	179
A2.2.3	Einfacher Stromkreis als Übertragungsnetz.....	180
A2.2.4	Kennverhalten	182
A2.3	Analoge physikalische Systeme	188

A3 P-, I- und D-Glieder

A3.1	Verzögerungsfreie Glieder	196
A3.2	Verzögerungsglieder	198
A3.3	Erweitertes Kennverhalten	201

A4 Nichtreguläre Glieder

A4.1	Reguläres und nichtreguläres Übertragungsverhalten.....	207
A4.2	Verkehrungsglied	207
A4.3	Totzeitglied.....	207

A5 Wirkungstechnik

A5.1	Grundlagen	209
A5.2	Wirkungsplan	210
A5.3	Übertragungsverhalten verschiedener Strukturen	213

A6 Binäre Übertragungsglieder

A6.1	Schaltnetze, Schaltwerke und Zeitglieder	220
A6.2	Verknüpfungsglieder und Schaltnetze	220
A6.3	Speicherglieder und Zeitglieder	228
A6.4	Analog-Binär-Umsetzer	229

A7 Digitale Übertragungsglieder

A7.1	Wirkungskette im Automatisierungspfad.....	230
A7.2	Zeitdiskreter Algorithmus	231
A7.3	PID-Glied	232

A8 Nichtlineare Übertragungsglieder

A8.1	Lineares und nichtlineares Kennlinienverhalten	236
A8.2	Linearisierung bei Kennlinien und Kennlinienfeldern.....	238
A8.3	Mehrpunktglieder	240

A9 Fuzzy-Übertragungsglieder

A9.1	Scharfer Größenwert und unscharfe Größendarstellung	242
A9.2	Technische und linguistische Ebene	245
A9.3	Behandlung der linguistischen Ebene	246
A9.3.1	Fuzzifizierung.....	246
A9.3.2	Inferenz	246
A9.3.3	Inferenz-Ergebnisse.....	248
A9.3.4	Defuzzifizierung.....	249
A9.4	Gestaltung und Verhalten.....	251
A9.4.1	Eingrößenglied	251
A9.4.2	Mehrgrößenglied	252
A9.4.3	Zweiggrößenglied	252
A9.4.4	Kennlinienverhalten	255

Anhang II : Gerätetechnische Besonderheiten**A10 Gerätetechnische Besonderheiten**

A10.1	Projektierung.....	257
A10.2	Hilfsenergie und Signal.....	263
A10.3	Anpassung von Regeleinrichtungen	270

Anhang III : Kleinautomatisierung

A11 Kleinautomatisierung

 A11.1 Eigenart der Kleinautomatisierung 276

 A11.2 Beispiele..... 276

Verzeichnis weiterführender Literatur 281

Formelzeichen und Abkürzungen..... 282

Sachwörterverzeichnis 284