

Inhaltsverzeichnis

- 1 **Begriffe** 1
 - 1.1 Steuern 2
 - 1.2 Regeln 3
 - 1.3 Regelungssystem 8
 - 1.4 Normierung 13
 - 1.5 Arbeitspunkt 15
 - 1.6 Linearisierung 16
 - 1.7 Signale 20
- 2 **Mathematische Werkzeuge** 25
 - 2.1 Mathematische Beschreibung im Zeitbereich 25
 - 2.1.1 Fundamentalgleichung der Regelungstechnik 26
 - 2.1.2 Lösung der Differentialgleichung 27
 - 2.2 Mathematische Beschreibung im Frequenzbereich 32
 - 2.3 Mathematische Beschreibung digitaler Signale 35
 - 2.4 Mathematische Beschreibung stochastischer Signale 36
- 3 **Wirkungsplan** 39
- 4 **Test- und Antwortfunktionen** 49
 - 4.1 Testfunktionen 49
 - 4.1.1 Sprungantwort 50
 - 4.1.2 Impulsantwort 53
 - 4.1.3 Anstiegsantwort 54
 - 4.2 Antwortfunktionen für elementare Zeitverhalten 55
 - 4.2.1 P-Verhalten 55
 - 4.2.2 I-Verhalten 57
 - 4.2.3 D-Verhalten 59

5	Regelstrecken	63
5.1	Definition	63
5.2	Analyse des Verhaltens von Regelstrecken	63
5.3	Klassen von Regelstrecken	65
5.4	Strecken mit oder ohne Rückwirkung	66
5.5	Statisches Verhalten von Regelstrecken	67
5.5.1	Grundlagen	67
5.5.2	Kennlinien von Regelstreckenkomponenten	70
5.6	Zeitverhalten von Regelstrecken	78
5.6.1	Grundlagen	78
5.6.2	Totzeitverhalten	78
5.6.3	Zeitverhalten der P-T ₁ -Strecke	83
5.6.4	Nachbildung von P-Strecken höherer Ordnung	89
5.6.5	Kennwerte für schwingungsfähige P-Strecken	109
5.6.6	Strecken mit I-Verhalten	123
6	Regler	133
6.1	Allgemeines	133
6.2	Grundzeitverhalten des Reglers	134
6.3	P-Regler	136
6.3.1	Begriffe	136
6.3.2	Bleibende Regelabweichung	137
6.3.3	Kennlinie des P-Reglers	139
6.4	PI-Regler	145
6.4.1	Grundlagen	145
6.4.2	I-Teil des Reglers	146
6.4.3	Nachstellzeit T_1	148
6.4.4	PI-Regler in Parallelschaltung	151
6.5	PD-Regler	153
6.5.1	Der Verschwindeimpuls	153
6.5.2	Kennwerte des PD-Reglers	155
6.5.3	Vorhaltzeit T_d	156
6.6	PID-Regler	157
6.7	Unstetige Regler	162
6.7.1	Arten von unstetigen Reglern	162
6.7.2	Erzeugen des Stellverhaltens eines Zweipunktreglers	166

7	Zusammenwirken von Regler und Strecken	169
7.1	Grundlagen	169
7.2	Regelkreisanalyse	170
7.2.1	Methodik der Analyse	170
7.2.2	Ablauf der Regelkreisanalyse	172
7.3	Spezielle Regelkreise	177
7.3.1	Regelkreis mit bleibender Regeldifferenz	177
7.3.2	Regelkreis ohne bleibende Regeldifferenz	192
7.3.3	Regelkreise mit schwingendem Verhalten	200
7.4	Empirische Einstellregeln	206
7.4.1	Stabilität	207
7.4.2	Einstellwerte aus der Sprungantwort	211
7.4.3	Regelgüte	213
7.4.4	Regleroptimierung	218
7.5	Zeitverhalten von Regelkreisen mit Zweipunktreglern	219
7.5.1	P-T ₁ -Strecke mit Zweipunktregler und Hysterese	219
7.5.2	Zeitverhalten eines Zweipunktreglers ohne Hysterese an einer P-T _i -Strecke	224
7.5.3	Verbesserung des Regelverhaltens	225
7.6	Digitale Algorithmen	226
7.6.1	Kopplung der Regelstrecke mit dem digitalen Regler	227
7.6.2	Digitales Modell der Regelstrecke	234
7.7	Regelschaltungen	238
7.7.1	Beispiele für einschleifige Regelkreise	239
7.7.2	Grob-Fein-Regelung	243
7.7.3	Störgrößenaufschaltung	245
7.7.4	Führungsgrößenaufschaltung	249
7.7.5	Verhältnisregelung	251
7.7.6	Kaskadenregelung	254
	Glossar	259
	Literatur	269
	Stichwortverzeichnis	271