

Inhalt

1 Einleitung, Grundbegriffe	9
1.1 Struktur	11
1.1.1 Signal, Blockstelle, Vergleicher	11
1.1.2 Blockschaltbild	12
1.2 Regelkreis	15
2 Stationäres Verhalten	18
2.1 Erzeuger-Verbraucher-System ohne Regler	18
2.1.1 Statische Kennlinien	19
2.1.2 Gleichgewicht, Selbstregelungseigenschaft	21
2.2 Erzeuger-Verbraucher-System mit Regler	25
2.2.1 Beispiel mit Volumenstrom-Regler	25
2.2.1.1 Blockschaltbild	28
2.2.1.2 Statische Modell-Kennlinien	30
2.2.1.3 Gleichgewicht, Arbeits- und Regelpunkt	39
2.2.1.4 Wirkungsumkehr	42
2.2.2 Einfache Regelkreise	44
2.2.2.1 Beschreibung um Arbeitspunkt	45
2.2.2.2 Linearisierung der Kennlinien	47
2.2.2.3 Bleibende Regelabweichung	50
3 Zeitverhalten	53
3.1 Regelstrecken	54
3.1.1 Regelstrecken mit Ausgleich	58
3.1.1.1 P-Strecken ohne Verzögerung	58
3.1.1.2 P-Strecken mit Verzögerung 1. Ordnung	59
3.1.1.3 P-Strecken mit Verzögerung höherer Ordnung	64
3.1.1.4 P-Strecken mit Verzögerung und Vorhalt	74
3.1.2 Regelstrecken ohne Ausgleich	80
3.1.2.1 I-Strecken ohne Verzögerung	80
3.1.2.2 I-Strecken mit Verzögerung 1. Ordnung	82

6 Inhalt

3.1.3 Regelstrecken mit Totzeit	84
3.1.4 Beispiele	86
3.1.4.1 Systeme mit Ausgleich	87
3.1.4.2 Systeme ohne Ausgleich	102
3.2 Regler und Regelkreis	106
3.2.1 P-Regler	106
3.2.2 PI-Regler	108
3.2.3 PID-Regler	113
3.3 Einfluß des Störorts	125
3.4 Signalfußbild	129
3.5 Numerische Simulation	136
3.5.1 Regelstrecken	137
3.5.2 Regelkreise	145
4 Stabilität	148
4.1 Frequenzgang	148
4.2 Nyquist-Kriterium	159
4.3 Übertragungsfunktion	165
4.3.1 Signalfußalgebra	167
4.3.1.1 Reihenschaltung	168
4.3.1.2 Parallelschaltung	168
4.3.1.3 Kreisstruktur	169
4.3.1.4 Verschieben einer Additionsstelle	170
4.3.1.5 Verschieben einer Verzweigungsstelle	170
4.3.2 Zusammenhang zwischen der Übertragungsfunktion des offenen und des geschlossenen Regelkreises	171
4.4 Anwendung des Nyquist-Kriteriums, Stabilitätskarten	172
4.4.1 Regelstrecken mit Verzögerung	173
4.4.2 Regelstrecken mit Totzeit	179
5 Reglerwahl, Streckenidentifikation, Reglereinstellung	186

6	Anhang	193
7	Übungsaufgaben und Lösungen	195
7.1	Aufgaben	195
7.1.1	Stationäres Verhalten	195
7.1.2	Zeitverhalten, Frequenzgang	198
7.1.3	Stabilität	203
7.1.4	Anwendungen	205
7.2	Lösungen	211
7.2.1	Stationäres Verhalten	211
7.2.2	Zeitverhalten, Frequenzgang	217
7.2.3	Stabilität	239
7.2.4	Anwendungen	246
Ergänzende und weiterführende Literatur		265
Sachverzeichnis		266