

REGELUNGSTECHNIK

ERSTER BAND

GRUNDELEMENTE

VON

GERHARD PRESSLER

HAETMANN & BRAUN AG • FRANKFURT/MAIN



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER - VERLAG

INHALTSVERZEICHNIS

I. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN DER REGELUNGSTECHNIK

<i>1. Steuerkette, Regelkreis.</i>	.13
1.1 Einleitung	.13
1.2 Prinzip der Steuerung	.13
1.3 Prinzip der Regelung	.15
1.4 Aufbau eines Regelkreises, Benennungen	.17
1.5 Beispiele von einfachen Regelkreisen	.22
1.5.1 Beispiele für Festwertregelung	.22
1.5.2 Beispiele für Folgeregelung	.26
<i>2. Das Zeitverhalten von Regelkreisgliedern.</i>	.29
2.1 Lineare Signalübertrager	.29
2.2 Darstellung des Zeitverhaltens durch die Übergangsfunktion	32
2.2.1 Kennzeichnung von Regelstrecken	.33
2.2.2 Kennzeichnung stetiger Regler	.40
2.3 Darstellung des Zeitverhaltens durch den Frequenzgang	.46
2.3.1 Definition des Frequenzganges	.46
2.3.2 Ortskurven	.48
2.3.3 Regeln für das Rechnen mit Frequenzgängen	.51
2.3.4 Rückführungen bei Reglern	.54
2.3.5 Das Bode-Diagramm	.59
<i>3. Das Verhalten von Regelkreisen mit stetigen Reglern.</i>	.79
3.1 Regelstrecke 1. Ordnung mit P-, I-, PI-, PD-, PID-Reglern	81
3.1.1 Regelstrecke 1. Ordnung mit P-Regler	.81
3.1.2 Regelstrecke 1. Ordnung mit I-Regler	.82

3.1.3 Regelstrecke 1. Ordnung mit PI-Regler	83
3.1.4 Regelstrecke 1. Ordnung mit PD-Regler	83
3.1.5 Regelstrecke 1. Ordnung mit PID-Regler	84
3.2 Regelstrecken 2. Ordnung mit P- und PD-Regler	84
3.2.1 Regelstrecke 2. Ordnung mit P-Regler	85
3.2.2 Regelstrecke 2. Ordnung mit PD-Regler.	85
4. <i>Stabilitätskriterien</i>	86
4.1 Stabilität, Strukturstabilität	86
4.2 Stabilitätskriterium nach Hurwitz	86
4.3 Stabilitätskriterium mit Hilfe der Ortskurve.	89
4.4 Stabilitätskriterium nach Nyquist.	99
4.5 Stabilitätsbedingung für eine Regelstrecke 1. Ordnung mit Totzeit und PI-Regler.	102
4.6 Anwendung des Bode-Diagramms für Stabilitätsunter- suchungen nach Nyquist	104
4.7 Abklingbedingungen, p-Ebene.	110
4.7.1 Allgemeine Fassung des Frequenzganges.	110
4.7.2 Das $\omega\sqrt{3}$ -Netz (p-Ebene).	113
4.7.3 Abklingbedingungen.	114
4.8 Tabellen über Stabilitätsgrenzen.	116
5. <i>Das Regelverhalten an Regelstrecken höherer Ordnung bei Ver- wendung stetiger Regler, Einstellregeln.</i>	120
5.1 Kriterien der Regelgüte.	121
5.2 Einstellregeln von Ziegler und Nichols.	123
5.3 Einstellung eines PI- und PID-Reglers an einer Strecke mit Totzeit und Zeitkonstante nach der Betragsfläche	124
5.4 Einstellung eines PI- und PID-Reglers an einer Strecke mit Totzeit und Zeitkonstante für aperiodischen Regelverlauf	131
5.5 Einstellung eines PI- und PID-Reglers an Strecken r -ter Ordnung nach der Betragsfläche.	134
5.6 Einstellung eines PI- und PID-Reglers an Strecken ohne Ausgleich.	141

5.7 Beispiel für den Einfluß des Störortes auf das Regelverhalten146
---	------

II. GERÄTETECHNIK

6. <i>Regler der Verfahrenstechnik</i> . . . . .	.150
6.1 Meßwerkregler. . . . .	.150
6.2 Aufbau eines Regelsystems. . . . .	.162
6.3 Beispiele pneumatischer Meßumformer. . . . .	.169
6.4 Beispiele pneumatischer Einheitsregler. . . . .	.175
6.4.1 Pneumatischer Einheitsregler. . . . .	.175
6.4.2 Pneumatische Zusatzgeräte, Kaskadenrelais, Verhältnisrelais. . . . .	.182
6.5 Beispiele elektrischer Meßumformer. . . . .	.187
6.6 Beispiele elektrischer Regler zum Anschluß an Meßumformer. . . . .	.192
6.6.1 Regler mit stetigem Ausgang. . . . .	.192
6.6.2 Regler mit Schaltausgang. . . . .	.196
6.7 Beispiele von Stellgliedern. . . . .	.200
6.7.1 Pneumatische Stellglieder. . . . .	.200
6.7.2 Elektrohydraulische Stellglieder. . . . .	.203
6.7.3 Elektrische Stellglieder. . . . .	.205
7. <i>Abhängigkeit der Einstellwerte eines Reglers</i>. . . . .	.208

III. NICHTLINEARITÄT IM REGELKREIS

8. <i>Nichtlineare Regelkreisglieder</i>. . . . .	.218
8.1 Kennlinien nichtlinearer Signalübertrager. . . . .	.218
8.2 Die Beschreibungsfunktion. . . . .	.222

8.3 Beispiele für Beschreibungsfunktionen	225
8.4 Stabilität eines Regelkreises mit nichtlinearem Element	228
8.5 Stabilitätsgrenze eines Regelkreises mit Hysterese	233
9. <i>Einfluß der Hysterese im Stellglied auf die Regelgüte.</i>	238
10. <i>Einfluß der Laufzeit eines Stellgliedes auf die Regeleigenschaften eines PI-Reglers.</i>	242

IV. REGELUNG MIT NICHTSTETIGEN REGLERN

11. <i>Zweipunktregelung.</i>	244
11.1 Zweipunktregler ohne Hysterese an Regelstrecken	
1. Ordnung mit Totzeit	244
11.2 Zweipunktregler mit Hysterese an Regelstrecken	
1. Ordnung mit Totzeit	267
11.3 Zweipunktregler mit Hysterese an Regelstrecken ohne Ausgleich.	269
11.4 Zweipunktregler mit Rückführung.	271
12. <i>Dreipunktregler.</i>	280

V. VERMASCHTE REGELKREISE

13. <i>Vermaschungen zur Verbesserung der Regelung.</i>	291
13.1 Kaskadenregelung.	294
13.2 Störgrößenaufschaltung.	304

<i>14. Mehrfachregelung.</i>	307
14.1 Begriff der Mehrfachregelung.	307
14.2 Zweifachregelung.	309
14.3 Beispiele der Anpassung von PI-Reglern bei einer Zweifachregelung.	312
<i>Literaturverzeichnis.</i>	322