

## Inhalt

	Seite
<b>1. Einführung</b>	<b>11</b>
1.1 Begriffe	11
1.2 Wirkungsplan	14
<b>2. Lineare Regelkreise</b>	<b>17</b>
2.1 Statisches Verhalten von Regelkreisen	18
2.2 Dynamisches Verhalten von Regelkreisen	24
2.3 Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion	26
2.4 Die wichtigsten linearen Übertragungsglieder	29
2.5 Vermaschte Wirkungspläne	32
2.6 Störverhalten und Führungsverhalten	35
2.7 Charakteristische Gleichung und Stabilität	36
2.8 Stabilitätskriterium von Nyquist	39
<b>3. Strecken und Regler</b>	<b>44</b>
3.1 Einteilung der Regelstrecken	44
3.2 Übersicht über die wichtigsten Regler	45
3.2.1 P-Regler	45
3.2.2 I-Regler	45
3.2.3 D-Verhalten im Regler	46
3.2.4 PI-Regler	46
3.2.5 PD-Regler	48
3.2.6 PID-Regler	50
3.2.7 PD- $T_1$ - und PID- $T_1$ -Regler	52
3.3 Anwendung auf eine Niveauregelung	54
3.4 Realisierung der Regelverstärker mit Operationsverstärkern	59
<b>4 Bode-Diagramm</b>	<b>62</b>
4.1 Normierung	85
4.2 Reglerdimensionierung nach exakten Bode-Diagrammen	87
<b>5. Mehrschleifige Regelkreise</b>	<b>99</b>
5.1 Grenzwertsätze	99
5.2 Unterlagerte Regelschleifen	102
5.3 Mehrfachregelungen	110

6. Störgrößenaufschaltung	114
7. Nichtlineare Regelkreise	118
7.1 Begrenzter Linearitätsbereich	118
7.1.1 Begriffe	119
7.1.2 Auswirkungen auf das Regelverhalten	119
7.2 Linearisierung nichtlinearer Kennlinien	121
7.3 Beschreibung des dynamischen Verhaltens von Regelkreisen durch Zustandskurven	128
7.3.1 Zustandsgrößen und Zustandsraum	128
7.3.2 Regelungen mit Zweipunktreglern und ihre Zustandskurven	136
7.4 Regelkreise mit nur einer wesentlichen Nichtlinearität	142
7.4.1 Beschreibungsfunktion	143
7.4.2 Beschreibungsfunktionen einiger oft vorkommender nichtlinearer Übertragungsglieder	145
7.4.2.1 Allgemeines Dreipunktglied	145
7.4.2.2 Begrenzerkennlinie	147
7.4.2.3 Tote Zone	149
7.5 Stabilitätsuntersuchungen an nichtlinearen Regelkreisen nach der Methode der Harmonischen Balance	150
7.5.1 Zwei-Ortskurven-Verfahren	154
7.5.1.1 Ortskurven der Beschreibungsfunk- tionen von Mehrpunktgliedern	156
7.5.1.2 P-T <sub>n</sub> -Strecken und Mehrpunktregler	158
8. Abtastregelungen	164
8.1 Problemstellung	164
8.2 Differenzengleichungen	166
8.3 Weitere Algorithmen	168
8.4 Mathematische Behandlung des Abtastvorganges	169
8.4.1 Treppenfunktion	169
8.4.2 Die z-Transformation	170
8.4.3 Rechenregeln	172

8.4.4 z-Übertragungsfunktion digitaler Übertragungsglieder	172
8.4.5 z-Übertragungsfunktion analoger Übertragungsglieder	174
8.4.5.1 P-T <sub>1</sub> -Glied	175
8.4.5.2 I-Glied	177
8.4.6 Ketten schaltung vo Übertragungsgliedern	177
8.5 Stabilität	180
8.5.1 Nyquist-Kriterium	182
8.6 Regelkreise mit endlicher Einstellzeit	184
8.6.1 Erfassung der Zustandsgrößen	189
8.6.2 Regelalgorithmus für endliche Einstellzeit bei beliebiger Auswahl der Zustandsgrößen	191
8.6.3 Regelungen mit begrenzter Stellgröße	193
8.6.4 Stabilität von Regelkreisen mit endlicher Einstellzeit	196
8.6.5 Unvollständige Erfassung der Zustandsgrößen	197
8.6.6 Algorithmus mit I-Anteil	201
Anhang	204
Laplace-Korrespondenztabelle	204
Die wichtigsten z-Korrespondenzen	207
Lösung der Übungsaufgabe von Beispiel 15	208
Literatur und Formelzeichen	210
Sachweiser	213

Verzeichnis der Beispiele

Nr.	Kurzbezeichnung	Seite
1	Wirkungsplan eines belasteten Spannungsteilers	16
2	Elektronische Spannungsregelung	20
3	Übertragungsfunktion eines Serienschwingkreises	28
4	Kapazitiv-ohmscher Spannungsteiler	31
5	Vermaschter Wirkungsplan	32
6	Bode-Diagramm einer Niveauregelung	69
7	Bode-Diagramm einer P-T <sub>3</sub> -Strecke	72
8	P-T <sub>3</sub> -Strecke und P-Regler	73