

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	
1.1	Der technische Regelkreis.....	1
1.2	Die Arbeitsweise einer Regelung.....	4
1.3	Die Kennlinie des Reglers.....	5
1.4	Die Gleichung des Regelkreises.....	6
1.5	Ein Zahlenbeispiel.....	8
2	Einführung in die komplexen Zahlen und Funktionen.....	10
2.1	Die komplexen Zahlen.....	10
2.1.1	Die GAUSSsche Zahlenebene.....	11
2.1.2	Die trigonometrische Form komplexer Zahlen.....	12
2.2	Komplexe Funktionen.....	14
2.3	Beispiele.....	15
2.4	Übungsaufgaben.....	22
3	Einführung in die LAPLACE-Transformation.....	24
3.1	Das Wesen der LAPLACE-Transformation.....	25
3.2	Die Transformationsintegrale.....	25
3.2.1	Die Bildfunktion der Sprungfunktion.....	26
3.2.2	Die Bildfunktion der verschobenen Sprungfunktion.....	26
3.2.3	Die Bildfunktion der Impulsfunktion.....	27
3.3	Der Aufbau der Korrespondenztafel.....	28
3.4	Methoden der Rücktransformation.....	29
3.4.1	Die Partialbruchzerlegung.....	29
3.4.2	Das Faltungsintegral.....	36
3.5	Beispiele.....	37
3.6	Übungsaufgaben.....	43
4	Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Zeitbereich.....	44
4.1	Systeme und ihre Eigenschaften.....	44
4.2	Die Differentialgleichung eines Übertragungssystems.....	48
4.2.1	Das Aufstellen der Differentialgleichung.....	49
4.2.2	Lösungswege für die Differentialgleichung erster Ordnung.....	52
4.2.3	Lösungswege für die Differentialgleichung zweiter Ordnung.....	54
4.2.4	Lösungswege bei Differentialgleichungen höherer Ordnung.....	61
4.3	Die Beschreibung eines Systems durch seine Gewichtsfunktion.....	62
4.4	Die Beschreibung eines Systems durch seine Antwortfunktion.....	63
4.5	Beispiele.....	65
4.6	Übungsaufgaben.....	70
5	Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Frequenzbereich.....	72
5.1	Die Übertragungsfunktion.....	72
5.1.1	Definitionen.....	72
5.1.2	Beziehungen zwischen Übertragungs-, Gewichts- und Übergangsfunktion.....	73
5.1.3	Umformen von Blockstrukturen.....	73

5.2 Der Frequenzgang.....	77
5.2.1 Definition des Frequenzganges.....	77
5.2.2 Die Ortskurve.....	78
5.2.3 Das BODE-Diagramm.....	79
5.2.4 Das BODE-Diagramm elementarer Übertragungsglieder.....	79
5.3 Elementare Übertragungsglieder.....	82
5.3.1 Reguläre Übertragungsglieder.....	83
5.3.1.1 Das Proportionalglied (P-Glied).....	83
5.3.1.2 Das Verzögerungsglied 1. Ordnung (P-T ₁ -Glied).....	84
5.3.1.3 Das Verzögerungsglied 2. Ordnung (P-T ₂ -Glied).....	86
5.3.1.4 Verzögerungsglieder höherer Ordnung (P-T _n -Glieder).....	90
5.3.1.5 Das Integrierglied (I-Glied).....	93
5.3.1.6 Das Differenzierglied (D-Glied).....	96
5.3.2 Irreguläre Übertragungsglieder.....	99
5.3.2.1 Das Allpaßglied.....	99
5.3.2.2 Das Totzeitglied (T _r -Glied).....	102
5.4 Beispiele.....	104
5.5 Übungsaufgaben.....	111
 6 Der Regler und sein Zeitverhalten.....	117
6.1 Der ideale PID-Regler.....	117
6.2 Der proportional wirkende Regler (P-Regler).....	121
6.3 Der integral wirkende Regler (I-Regler).....	122
6.4 Der proportional-integral wirkende Regler (PI-Regler).....	123
6.5 Der proportional-differential wirkende Regler (PD-Regler).....	125
6.6 Der reale proportional-integral-differential wirkende Regler (PIDT ₁ -Regler).....	127
6.7 Beispiele.....	130
6.8 Übungsaufgaben.....	133
 7 Der Regelkreis.....	135
7.1 Die Regelkreisgleichung.....	136
7.2 Das statische Verhalten eines Regelkreises.....	136
7.3 Das Führungs- und Störverhalten im Standard-Regelkreis.....	138
7.3.1 P-Regler und P-T ₁ -Strecke.....	138
7.3.2 P-Regler und P-T ₂ -Strecke.....	139
7.3.3 I-Regler und P-T ₁ -Strecke.....	140
7.3.4 I-Regler und I-Strecke.....	141
7.3.5 PI-Regler und I-Strecke.....	142
7.3.6 PI-Regler und P-T ₁ -Strecke.....	142
7.3.7 PID-Regler und P-T ₂ -Strecke.....	144
7.4 Das dynamische Verhalten eines Regelkreises.....	146
7.4.1 Das Stabilitätskriterium nach HURWITZ.....	149
7.4.2 Das Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	152
7.4.2.1 Das vereinfachte Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	152
7.4.2.2 Das allgemeine Stabilitätskriterium nach NYQUIST.....	158
7.5 Beispiele.....	160
7.6 Übungsaufgaben.....	165

Inhaltsverzeichnis	XIII
8 Entwurf einer Regelung im Zeitbereich.....	168
8.1 Statische und dynamische Kenngrößen eines Regelkreises.....	168
8.2 Parameteroptimierung im Zeitbereich.....	171
8.2.1 Die Lineare Regelfläche.....	172
8.2.2 Die Betragsregelfläche.....	174
8.2.3 Die Zeitgewichtete Betragsregelfläche.....	174
8.2.4 Die Quadratische Regelfläche.....	175
8.3 Analytische Bestimmung der Reglerparameter.....	180
8.4 Praktische Einstellregeln.....	181
8.4.1 Die Einstellregeln von ZIEGLER und NICHOLS.....	181
8.4.2 Die Einstellregeln nach CHIEN, HRONES und RESWICK.....	183
8.5 Beispiele.....	184
8.6 Übungsaufgaben.....	190
9 Entwurf einer Regelung im Frequenzbereich.....	192
9.1 Die Kennwerte im offenen Regelkreis.....	192
9.2 Anwendung des Frequenzkennlinienverfahrens.....	195
9.3 Beispiele.....	198
Literaturverzeichnis.....	202
Sachwortverzeichnis.....	204