

Hildebrand Walter

# Kompaktkurs Regelungstechnik

Lehr- und Übungsbuch

Mit 229 Abbildungen

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	
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
<b>2</b>	<b>Einführung in die komplexen Zahlen und Funktionen</b>	<b>10</b>
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
<b>3</b>	<b>Einführung in die LAPLACE-Transformation</b>	<b>24</b>
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
<b>4</b>	<b>Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Zeitbereich</b>	<b>44</b>
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
<b>5</b>	<b>Die Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Frequenzbereich</b>	<b>72</b>
5.1	Die Übertragungsfunktion	72
5.1.1	Definitionen	72
5.1.2	Beziehungen zwischen Übertragungs-, Gewichtsfunktion 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- $\wedge$ -Glied).....	84
5.3.1.3 Das Verzögerungsglied 2. Ordnung (P-T <sub>2</sub> -Glied).....	86
5.3.1.4 Verzögerungsglieder höherer Ordnung (P-T <sub>n</sub> -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 <sub>z</sub> -Glied).....	102
5.4 Beispiele.....	104
5.5 Übungsaufgaben.....	111
<b>Der Regler und sein Zeitverhalten.....</b>	<b>117</b>
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 (PIDTi-Regler).....	127
6.7 Beispiele.....	130
6.8 Übungsaufgaben.....	133
<b>Der Regelkreis.....</b>	<b>135</b>
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 <sub>r</sub> -Strecke.....	138
7.3.2 P-Regler und P-T <sub>2</sub> -Strecke.....	139
7.3.3 I-Regler und P-T <sub>r</sub> -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 <sub>r</sub> -Strecke.....	142
7.3.7 PID-Regler und P-T <sub>2</sub> -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

---

<b>8</b>	<b>Entwurf einer Regelung im Zeitbereich</b> .....	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
<b>9</b>	<b>Entwurf einer Regelung im Frequenzbereich</b> .....	192
9.1	Die Kennwerte im offenen Regelkreis.....	192
9.2	Anwendung des Frequenzkennlinienverfahrens.....	195
9.3	Beispiele.....	198
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	202
	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	204