

Gerhard Wunsch · Helmut Schreiber

Analoge Systeme

Grundlagen

Dritte Auflage mit 202 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
Hong Kong Barcelona Budapest

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	6
Einführung	8
1 Mathematische Grundlagen	10
1.1 Signalbeschreibung	10
1.1.1 Einfache Signale	10
1.1.1.1 Signal	10
1.1.1.2 Signaloperationen	12
1.1.1.3 Darstellung einfacher Signale	14
1.1.2 Signale allgemeineren Typs	19
1.1.2.1 Periodische und getastete Signale	19
1.1.2.2 Stückweise stetige Signale	21
1.1.2.3 Approximation, Darstellung stetiger Signale	22
1.1.3 Aufgaben zum Abschnitt 1.1	23
1.2 Lineare Signalräume	25
1.2.1 Fourier-Transformation	25
1.2.1.1 Signalraum	25
1.2.1.2 Fourier-Reihe	26
1.2.1.3 Fourier-Integral	30
1.2.1.4 Fourier-Transformation	36
1.2.2 Laplace-Transformation	39
1.2.2.1 Laplace-Integral	39
1.2.2.2 Laplace-Transformation	44
1.2.2.3 Anwendungen	45
1.2.2.4 Inverse Laplace-Transformation	50
1.2.3 Z-Transformation	57
1.2.3.1 Diskrete Signale	57
1.2.3.2 Z-Transformation	60
1.2.3.3 Inverse Z-Transformation	62
1.2.4 Aufgaben zum Abschnitt 1.2	65
1.3 Spezielle lineare Signalräume	69
1.3.1 Normierte und vollständige Räume	69
1.3.1.1 Normierte Signalräume	69

1.3.1.2	Vollständige normierte Signalräume	72
1.3.2	Abbildungen in normierten Signalräumen	74
1.3.2.1	Stetige und beschränkte Operatoren	74
1.3.2.2	Kontraktion	76
1.3.3	Aufgaben zum Abschnitt 1.3	79
2	Nichtlineare Systeme	
2.1	Systeme ohne Speicher	80
2.1.1	Alphabetabbildung	80
2.1.1.1	Einfaches statisches System	80
2.1.1.2	Polynomsysteme	82
2.1.1.3	Elementarsysteme	83
2.1.1.4	Statisches System	84
2.1.2	Signalabbildung	86
2.1.2.1	Mehrdimensionale Signale	86
2.1.2.2	Realisierung von Signalabbildungen	89
2.1.2.3	Kleinsignalverhalten (Jacobi-Matrix)	92
2.1.3	Auflösung impliziter Beschreibungen	96
2.1.3.1	Implizite Beschreibung	96
2.1.3.2	Gewöhnliches Iterationsverfahren	97
2.1.3.3	Newton-Iteration	101
2.1.4	Aufgaben zum Abschnitt 2.1	104
2.2	Systeme mit Speicher	106
2.2.1	Alphabetabbildung	106
2.2.1.1	Zustandsgleichungen	106
2.2.1.2	Dynamisches System	110
2.2.2	Allgemeine Eigenschaften des dynamischen Systems	113
2.2.2.1	Erweiterte Überführungsfunktion	113
2.2.2.2	Phasenporträt, Bifurkation	115
2.2.2.3	Lorenz-System, Chaos	117
2.2.3	Lösung der Zustandsgleichungen	119
2.2.3.1	Existenz und Eindeutigkeit	119
2.2.3.2	Iterationslösung	123
2.2.3.3	Numerische Integration	125
2.2.4	Aufgaben zum Abschnitt 2.2	131
3	Lineare zeitkontinuierliche Systeme	
3.1	Zustandsdarstellung	133
3.1.1	Systembeschreibung	133
3.1.1.1	Zustandsgleichungen	133
3.1.1.2	Modell	135
3.1.2	Systemcharakteristiken	137
3.1.2.1	Zustandsgleichungen im Bildbereich	137
3.1.2.2	Zustandsgleichungen im Zeitbereich	139
3.1.2.3	Fundamentalsmatrix $\Phi(t)$	141
3.1.2.4	Gewichtsmatrix $H(t)$	143

3.1.2.5	Beispiel	145
3.1.3	Aufgaben zum Abschnitt 3.1	149
3.2	Systeme im Nullzustand	152
3.2.1	Allgemeine Systemcharakteristiken	152
3.2.1.1	Grundgleichungen	152
3.2.1.2	Übertragungs- und Gewichtsfunktion	153
3.2.1.3	Vereinfachte Methoden der Analyse	156
3.2.1.4	Systemmodell	164
3.2.1.5	Zustandsgleichungen und Differentialgleichung	165
3.2.2	Frequenzcharakteristiken	167
3.2.2.1	Stationärer und flüchtiger Vorgang	167
3.2.2.2	Vereinfachte Berechnung des stationären Vorgangs	171
3.2.2.3	Ortskurve, Dämpfung und Phase	172
3.2.2.4	Allpaß und Mindestphasensystem	174
3.2.3	Stabilität	182
3.2.3.1	Hurwitz-Kriterium	182
3.2.3.2	Michailow-Kriterium	185
3.2.4	Aufgaben zum Abschnitt 3.2	187
4	Lineare zeitdiskrete Systeme	191
4.1	Zustandsdarstellung	191
4.1.1	Systembeschreibung	191
4.1.1.1	Zustandsgleichungen	191
4.1.1.2	Modell	192
4.1.2	Systemcharakteristiken	193
4.1.2.1	Zustandsgleichungen im Bildbereich	193
4.1.2.2	Zustandsgleichungen im Zeitbereich	194
4.1.2.3	Fundamentalmatrix und Gewichtsmatrix	195
4.1.2.4	Beispiel	199
4.1.3	Aufgaben zum Abschnitt 4.1	201
4.2	Systeme im Nullzustand	202
4.2.1	Allgemeine Systemcharakteristiken	202
4.2.1.1	Übertragungs- und Gewichtsfunktion	202
4.2.1.2	Systemmodell	204
4.2.1.3	Zustandsgleichungen und Differenzengleichung	205
4.2.2	Frequenzcharakteristiken	207
4.2.2.1	Stationärer und flüchtiger Vorgang	207
4.2.2.2	Ortskurve, Dämpfung und Phase	210
4.2.2.3	Allpaß und Mindestphasensystem	211
4.2.2.4	Linearphasige Systeme	213
4.2.3	Stabilität	215
4.2.4	Aufgaben zum Abschnitt 4.2	217
5	Lösungen zu den Übungsaufgaben	220
6	Anhang	255

Literaturverzeichnis

261

Sachverzeichnis

263