

Inhaltsverzeichnis

I Determinierte Signale

1	Einführung	1
2	Grundlagen	5
2.1	Einteilung der Signale	5
2.1.1	Einstufung der Signale in Grundmuster	5
2.1.2	Technisches Beispiel	7
2.1.3	Weitere Signalkategorien	8
2.2	Das LTI-Prinzip	8
2.2.1	Definition „LTI“	8
2.2.2	Konsequenzen der LTI-Eigenschaft	11
2.3	Fourier, Laplace und LTI	15
2.3.1	Fourier-Transformation und LTI-Prinzip	15
2.3.2	Technische Interpretation der Fourier-Transformation	19
2.3.3	Laplace-Transformation und LTI-Prinzip	22
3	Fourier-Technik	30
3.1	Standard-Fourier-Paare und Hilfsfunktionen	31
3.1.1	Der Delta-Impuls	31
3.1.2	Hilfsfunktionen	34
3.1.3	Standard-Fourier-Paare	36
3.2	Fourier-Regeln	41
3.2.1	Eigenschaften und Anwendungen der Faltung	41
3.2.2	Grundregeln der Fourier-Transformation	45
3.2.3	Differentiation	51
3.2.4	Integration	56
3.2.5	Kombinierte Regeln	60
3.2.6	Energie und determinierte Korrelation	62
3.3	Periodische Signale	69
3.3.1	Endliche Signalwiederholung	69
3.3.2	Unendliche Wiederholung	73
4	Systeme	78
4.1	Darstellung der Übertragungsfunktion	78
4.1.1	Fourier-Moduldarstellung	78
4.1.2	Amplitudengang bzw. Dämpfungsgang	80
4.1.3	Bode-Diagramm	81
4.1.4	Ortskurve	83
4.1.5	Nichols-Diagramm	84
4.1.6	Real/Imaginär-Frequenzgang	84
4.1.7	P/N-Plan in der p-Ebene	84
4.1.8	P/N-Plan in der z-Ebene	84

4.2	Stabilität	85
4.2.1	Übersicht: Definition und Testverfahren	85
4.2.2	Einzelfragen zur Stabilität	85
4.3	Parametrisierung der Übertragungsfunktion	96
4.3.1	Das Prinzip der Parametrisierung	96
4.3.2	Das rationale Systemmodell	97
4.3.3	Die elektromechanischen Analogien	100
4.3.4	Das Eigenschwingmodell	102
4.3.5	Das Modalmodell	109
4.3.6	Das Kopplungsmodell	113
4.4	Verzerrung und Dispersion	115
4.4.1	Verzerrung	115
4.4.2	Dispersion	118
5	Hilbert-Transformation und Anwendungen	122
5.1	Definition und mathematische Eigenschaften	122
5.2	Kausale Systeme	123
5.3	Analytische Signale	128
6	Räumliche Signale	135
6.1	Signale und Dimensionen	135
6.2	Antenne, Richtdiagramm und Fraunhofer-Beugung	137
6.2.1	Einführung: Was ist ein Richtdiagramm?	137
6.2.2	Theoretische Grundlagen: Wellengleichung, Feldpotential und Feldgrößen	138
6.2.3	Die Fraunhofersche Näherung	140
6.2.4	Akustische Antennen	142
6.2.5	Elektromagnetische Antennen	143
6.2.6	Zusammenfassung: Berechnung des Richtdiagramms	144
6.3	Fresnel-Beugung	147
7	Abtastung	151
7.1	Tiefpaß-Abtastung	152
7.2	Bandpaß-Abtastung	155
7.2.1	Reelle Bandpaß-Abtastung	155
7.2.2	Komplexe Bandpaß-Abtastung	158
7.3	Digitalisierungsfehler	164
7.3.1	Strategische Fehler: Das Aliasproblem	164
7.3.2	Technische Fehler	173
8	Diskrete Fourier-Transformation (DFT)	183
8.1	DFT: Definition und mathematische Eigenschaften	183
8.1.1	Herleitung der DFT als Näherung des Fourier-Integrals	183
8.1.2	Grundregeln der DFT	188
8.1.3	DFT-Paare	195

8.2	DFT-Faltungssatz mit Anwendungen	200
8.2.1	Definition von Faltungssatz und Faltung	200
8.2.2	Zyklische Korrelation	203
8.2.3	Zyklische Differentiation, Integration und Hilbert-Transformation	205
8.3	DFT: Numerische DFT-Praxis	208
8.3.1	Dezimierung	209
8.3.2	Zoom	219
8.3.3	FFT und FHT	230

II Stochastische Signale

9	Wahrscheinlichkeitstheorie	243
9.1	Definitionen der Wahrscheinlichkeit	243
9.1.1	Psychologische Wahrscheinlichkeit	244
9.1.2	Klassische Wahrscheinlichkeit	244
9.1.3	Statistische Wahrscheinlichkeit	245
9.1.4	Axiomatische Wahrscheinlichkeit	246
9.2	Funktionen und Parameter der Wahrscheinlichkeitstheorie	247
9.2.1	Histogramm	247
9.2.2	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion	249
9.2.3	Verteilungsfunktion	250
9.2.4	Kombinierte Ereignisse	251
9.2.5	Verteilungskenngrößen	252
9.3	Beispiele von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	258
9.3.1	Diskrete Verteilung	258
9.3.2	Gleichverteilung	259
9.3.3	Normal-Verteilung	260
9.3.4	Chi-Quadrat-Verteilung	265
9.3.5	Chi-Verteilung	271
10	Prozeß-Theorie	273
10.1	Grundbegriffe	273
10.1.1	Scharstatistik	273
10.1.2	Stationarität	276
10.1.3	Ergodizität	278
10.2	Prozeß-Mittelungen	280
10.2.1	Einfache Mittel	280
10.2.2	Quadratische Mittel	282
10.3	Korrelationsfunktionen und Leistungsspektren	285
10.3.1	Regression und Korrelation	285
10.3.2	Stochastische Korrelationsfunktionen	288
10.3.3	Das Wiener-Khintchine-Theorem	291
10.3.4	Filterung von Rauschen	294
10.3.5	Linienleistungsspektren	296

11 Elektronische Rauschquellen	299
11.1 Thermisches Rauschen	300
11.2 Schrotrauschen	303
11.3 Modulationsrauschen	308
11.4 Rauschtemperatur und Rauschzahl	312
12 Spektralanalyse I: Die schnelle Methode	317
12.1 Einführung	317
12.2 Nuttall/Carter-Verfahren	319
12.2.1 Übersicht	319
12.2.2 Abtastung und Segmentierung	319
12.2.3 Stichprobenspektren	324
12.2.4 Bartlett-Periodogramm und Korrelogramm	325
12.2.5 Schätzung von AKF und Leistungsspektrum	327
12.3 Frequenzauflösung und Stabilität	329
13 Spektralanalyse II: Hochauflösende Verfahren	334
13.1 Einführung	334
13.2 Das autoregressive Modell (AR)	337
13.3 Yule/Walker-Verfahren	340
13.3.1 Herleitung der Yule/Walker-Gleichung	340
13.3.2 AKF-Schätzung	342
13.3.3 Levinson/Durbin-Algorithmus	344
13.4 Modellfilter-Praxis	346
14 Sondergebiete der Signalstochastik	350
14.1 Statistische Systemanalyse	350
14.1.1 Herleitung und Interpretation des H_1/H_2 -Verfahrens	350
14.1.2 Definition und Anwendung der Kohärenzfunktion	353
14.2 Homomorphe Analyse und Cepstrumanalyse	354
14.2.1 Einführung	354
14.2.2 Komplexes Cepstrum und Leistungs-Cepstrum	356
14.3 Analyse nichtstationärer Signale	360
14.3.1 Laufender Mittelwert	360
14.3.2 Laufender Effektivwert	370
14.3.3 Spektralanalyse instationärer Signale	374
14.3.4 Kolmogoroff-Smirnoff-Test	385
Autorenregister	388
Literaturverzeichnis	391
Register	409