

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Einfaches Leitungsmodell und seine Differentialgleichung	3
1.2	Übertragung eines Spannungssprungs	8
1.3	Übertragung von Rechteckimpuls und Dirac-Impuls	16
1.4	Zusammenfassung und Ausblick	22
<b>2</b>	<b>Einteilung von Signalen</b>	<b>25</b>
2.1	Diskrete und kontinuierliche Signale	25
2.2	Energie- und Leistungssignale	28
2.2.1	Energiesignale	28
2.2.2	Leistungssignale	31
2.3	Physikalische Darstellung von Digitalsignalen	33
2.3.1	Leitungscodierung	33
2.3.2	Besonderheiten digitaler Signale	35
2.4	Energie und Leistung komplexwertiger Signale	38
2.5	Näheres über Dirac-Impulse	40
<b>3</b>	<b>Zeitkontinuierliche Übertragungssysteme, Teil 1</b>	<b>41</b>
3.1	Einteilung der Systeme	42
3.2	Lineare zeitinvariante Übertragungssysteme	47
3.3	Berechnung und Eigenschaften des Faltungsintegrals	53
3.4	Gedächtnis- und Zustandsmodell des Übertragungssystems	57
3.5	Beispiele für die Berechnung der Faltung	59
3.6	Faltung mit Dirac-Impuls	61
<b>4</b>	<b>Zeitkontinuierliche Signale</b>	<b>67</b>
4.1	Energie und mittlere Leistung bei Überlagerung von Signalen	67
4.1.1	Energie bei Überlagerung zweier reeller Signale	67
4.1.2	Mittlere Leistung bei Überlagerung zweier reeller Signale	71
4.1.3	Energie und mittlere Leistung bei Überlagerung komplexer Signale	75
4.2	Darstellung von Signalen mit Elementarfunktionen	77
4.2.1	Treppenapproximation	78
4.2.2	Approximation mit allgemeinen orthogonalen Funktionen	80
4.3	Fourier-Reihe	84
4.4	Fourier-Transformation	89
4.5	Beispiele für Fourier-Reihe und Fourier-Transformation	93
<b>5</b>	<b>Zeitkontinuierliche Übertragungssysteme, Teil 2</b>	<b>99</b>
5.1	Übertragung der komplexen Exponentialschwingung	100
5.2	Übertragung von reellen Sinusschwingungen	103
5.3	Übertragung periodischer Signale und zeitbegrenzter Signale	105
5.4	Allgemeine Signalübertragung im Frequenzbereich	107
5.5	Beispiele für die Berechnung der Übertragungsfunktion und der Impulsantwort	110

## Inhaltsverzeichnis

<b>6 Zeitdiskrete Übertragungssysteme, Teil 1</b> .....	<b>113</b>
6.1 Darstellung zeitdiskreter Signale durch Folgen .....	113
6.2 Einteilung der Systeme .....	118
6.3 Lineare zeitinvariante Systeme .....	119
6.4 Berechnung und Eigenschaften der diskreten Faltung .....	121
6.5 Faltungssumme und Faltungsintegral .....	125
6.6 Transversalfilter, FIR-Systeme und IIR-Systeme .....	127
6.7 FIR-Systeme und Eingangsfolgen endlicher Länge .....	130
6.7.1 Vektoren und Matrizen .....	130
6.7.2 Übertragungsverhalten in Matrizen-Schreibweise .....	132
<b>7 Zeitdiskrete Signale</b> .....	<b>137</b>
7.1 Zeitdiskrete Energiesignale .....	137
7.1.1 Energie reellwertiger Signale .....	138
7.1.2 Energie komplexwertiger Signale .....	141
7.2 Zeitdiskrete Leistungssignale .....	142
7.3 Diskrete Fourier-Transformation (DFT) .....	145
7.3.1 Definition und Standardform der DFT .....	146
7.3.2 Beispiel für die DFT .....	149
7.3.3 Matrizen-Schreibweise der DFT .....	152
<b>8 Zeitdiskrete Übertragungssysteme, Teil 2</b> .....	<b>155</b>
8.1 Übertragung der komplexen Exponentialfolge .....	156
8.2 Übertragung allgemeiner Folgen .....	158
8.3 Übertragung endlich langer Folgen über kausale FIR-Systeme .....	161
8.4 Verhalten des Transversalfilters im Frequenzbereich .....	165
8.5 Zyklische Übertragungsmatrix im Frequenzbereich .....	169
8.6 Zustandsmodell d. Übertragungssystems Automatendarstellung .....	172
<b>9 Zusammenhänge zwischen zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen und Systemen</b> .....	<b>179</b>
9.1 Abtasttheorem für bandbegrenzte Signale .....	180
9.2 Zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Faltung bei bandbegrenzten Signalen .....	182
9.3 Äquivalenz diskreter und kontinuierlicher Spektren bei band- und zeitbegrenzten Signalen .....	185
9.4 Aliasing-Fehler bei Abtastung nicht streng bandbegrenzter Signale .....	188
9.5 Physikalisch technische Signalabtastung .....	191
<b>10 Eigenschaften und Sätze der Fourier-Transformationen</b> .....	<b>195</b>
10.1 Vergleichende Zusammenstellung der Fourier-Transformationen .....	195
10.2 Zur umkehrbaren Eindeutigkeit der Abbildungen .....	198
10.3 Symmetrien und einige Sätze .....	203
10.3.1 Verschiebungssätze .....	203
10.3.2 Faltungssätze .....	206
10.4 Eigenschaften und weitere Sätze der kontinuierlichen Fourier-Transformation .....	209
10.4.1 Verhalten der Fourier-Spektren bei hohen Frequenzen .....	209
10.4.2 Differentiationsatz und Ähnlichkeitssatz .....	213
10.4.3 Unmöglichkeit eines exakt zeit- und bandbegrenzten Signals .....	215

10.5 Kontinuierliche Fourier-Transformation einiger Leistungssignale .....	216
10.5.1 Gleichsignal und Sinusschwingungen .....	216
10.5.2 Signumfunktion und Sprungfunktion .....	218
10.5.3 Integrationssatz .....	220
10.5.4 Abtastfunktion und Dirac-Kamm .....	221
<b>11 Korrelationsfunktionen, Energiedichten und Leistungsdichten .....</b>	<b>223</b>
11.1 Korrelationsfunktionen zeitkontinuierlicher Energiesignale .....	224
11.1.1 Kreuzkorrelationsfunktion .....	224
11.1.2 Autokorrelationsfunktion und Energiedichtespektrum .....	225
11.2 Korrelationsfunktionen zeitkontinuierlicher Leistungssignale .....	228
11.2.1 Korrelationsfunktionen periodischer Leistungssignale .....	229
11.2.3 Korrelationsfunktionen zeitdiskreter Signale .....	230
<b>12 Hilbert-Transformation und analytisches Signal .....</b>	<b>233</b>
12.1 Hilbert-Transformation als Kausalitätsforderung .....	233
12.2 Diskussion der Hilbert-Transformation .....	235
12.3 Notwendige und hinreichende Kausalitätsbedingung .....	237
12.4 Analytische Signale .....	238
12.5 Modulation als Anwendung analytischer Signale .....	242
12.6 Übertragung komplexwertiger Signale .....	245
<b>13 Lineare zeitvariante Übertragungssysteme .....</b>	<b>251</b>
13.1 Statische lineare zeitvariante Übertragungssysteme .....	252
13.2 Der Doppler-Effekt .....	254
13.3 Ein einfaches Mobilfunk-Kanalmodell .....	257
13.4 Dynamische zeitdiskrete lineare zeitvariante Übertragungssysteme .....	259
13.5 Dynamische zeitkontinuierliche lineare zeitvariante Übertragungssysteme .....	263
13.6 Signalübertragung im Frequenzbereich bei zeitvarianten Übertragungssystemen .....	265
<b>14 Nichtlineare Übertragungssysteme .....</b>	<b>267</b>
14.1 Statische nichtlineare Übertragungssysteme ohne Gedächtnis .....	267
14.2 Statische nichtlineare Übertragungssysteme mit Gedächtnis .....	271
14.3 Zeitdiskrete dynamische nichtlineare Systeme .....	272
14.3.1 Das quadratische Teilsystem .....	274
14.3.2 Das kubische Teilsystem .....	276
14.4 Zeitkontinuierliche dynamische nichtlineare Übertragungssysteme .....	277
14.5 Frequenzverhalten dynamischer nichtlinearer Übertragungssysteme .....	278
<b>Anhang .....</b>	<b>279</b>
1. Eulersche Formel .....	279
2. Schwarz-Ungleichungen .....	280
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>283</b>
<b>Namen- und Sachverzeichnis .....</b>	<b>285</b>