

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe	11
1.1	Nachrichtensignal und Nachrichtenträger	11
1.2	Zweck des Nachrichtenträgers	12
1.3	Prinzip der Modulation und Demodulation	12
1.4	Addition gleichfrequenter sinusförmiger Schwingungen	14
1.5	Addition verschiedenfrequenter Schwingungen	16
1.6	Methode des „ruhenden Zeigers“	19
1.7	Schwebung	20
1.8	Fourier-Analyse	21
1.9	Multiplikation zeitabhängiger Größen	23
	Sinuslinien gleicher Frequenz und Phase	23
	Sinusförmige Schwingungen verschiedener Frequenz	27
	Multiplikation mit nichtsinusförmigen Schwingungen	28
1.10	Potenzieren sinusförmiger Schwingungen	30
	Potenzieren überlagerter Sinusschwingungen	31
1.11	Nichtlineare Kennlinie	31
1.12	Mathematische Zusammenhänge	35
	Mathematische Darstellung der Sinusschwingung	35
	Winkelfunktionen zusammengesetzter Winkel	35
1.13	Fragen und Aufgaben	37
2	Amplitudenmodulation (AM)	38
2.1	Prinzip der AM-Übertragung	38
2.2	Erzeugung der Amplitudenmodulation	39
2.3	Modulationsgrad	40
2.4	Spektrum der AM	41
2.5	Zeigerdarstellung der AM	45
2.6	Bandbreite bei AM	46
2.7	Demodulation	47
2.8	Störungen und Übertragungsfehler	50
2.9	Modulation und Mischung	52
2.10	Mathematische Zusammenhänge	54
2.11	Fragen und Aufgaben	55
3	Zweiseitenbandmodulation mit unterdrücktem Träger (ZM)	56
3.1	Bedeutung des Trägers	56
3.2	Gegentaktmodulator	57
3.3	Ringmodulator	59
3.4	Produktmodulator	63
3.5	Der Produktmodulator als Phasenvergleicher	65
3.6	Demodulation bei ZM	67
3.7	Anwendung der ZM	68
	Stereo-Rundfunk	68
	Farbfernsehtechnik	72
3.8	Mathematische Zusammenhänge	74
3.9	Fragen und Aufgaben	75

4	Einseitenbandmodulation (EM)	76
4.1	Modulationsprinzip	76
4.2	Filtermethode	77
4.3	Phasenmethode	80
4.4	Demodulation bei EM	81
4.5	EB-Modulation in der T _f -Technik	82
4.6	Zusammenfassung	84
4.7	Mathematische Zusammenhänge	85
4.8	Fragen und Aufgaben	86
5	Restseitenbandmodulation (RM)	87
5.1	Erzeugung	87
5.2	Nyquistflanke	88
5.3	Verzerrungen	88
5.4	Anwendung in der Fernsehtechnik	89
5.5	Fragen und Aufgaben	90
6	Frequenzmodulation (FM)	91
6.1	Erzeugung der FM	91
6.2	Modulations- und FM-Schwingung	93
6.3	Zusammenhang zwischen Frequenz und Phasenwinkel	95
6.4	Modulationsindex	98
6.5	Spektrum der FM	100
6.6	Betrachtung der FM als Überlagerung	102
6.7	Zeigerdarstellung der FM	104
6.8	Bandbreite bei FM	106
6.9	Störunterdrückung durch FM und Übertragungsfehler	107
	Pre- und Deemphasis	108
	Übertragungsfehler	109
6.10	Demodulation der FM	110
6.11	Der Phasenregelkreis (PLL)	114
6.12	Mathematische Zusammenhänge bei FM	117
6.13	Fragen und Aufgaben	119
7	Phasenmodulation	120
7.1	Unterschied Phasenmodulation – Frequenzmodulation	120
7.2	Erzeugung der Phasenmodulation	121
7.3	Demodulation	124
7.4	Störungen bei Phasenmodulation – Vergleich mit FM	124
7.5	Mathematische Zusammenhänge bei Phasenmodulation	125
7.6	Fragen und Aufgaben	125
8	Digitale Modulation im Basisband	126
8.1	Grundbegriffe	126
	Basisband	126
	Schrittgeschwindigkeit	126
	Datenübertragungsgeschwindigkeit	126
	Nyquistfrequenz, Punktfrequenz	127
	Spektrum des Digitalsignals	127
	Impulsformung	128
	Tiefpaß, Roll-off-Faktor	129
	Einschwingzeit und Bandbreite	129
	Schrittgeschwindigkeit und Bandbreite	130
	Bandbreiteneffizienz	130

8.2	Kodierung und Zeitbeziehungen	130
	Kodierung allgemein	130
	Quellkode und Bezeichnungen	131
	Zeitbeziehungen bei Signalen	131
	Anforderungen an die Kanalkodierung	132
8.3	Methoden der Kanalkodierung	133
	AMI-Kode	133
	HDB-n-Kode	134
	B6ZS-Kode	134
	4B/3T-Kode	134
	Partial-Response-Kode	134
	IRIG-standardisierte Kodes	135
	Verwürfelung	136
	Eigenschaften des PN-Signals	136
8.4	Datenanschlußgerät	137
8.5	Bitfehler und Verzerrungen	139
	Digitalfehler	139
	Fehlerhäufigkeit, Bitfehlerquote	139
	Jitter und Wander	139
	Entscheidungsschaltung und Regenerator	139
	Augendiagramm	139
	Schrittverzerrung	139
	Rauschen im Basisband	140
8.6	Mathematische Zusammenhänge	
	Dirac-Impuls	142
	si-Funktion	142
	Einschwingzeit des Tiefpasses	142
8.7	Fragen und Aufgaben	143
9	Digitale Sinusträgermodulation (Umtastverfahren)	145
9.1	Übersicht der digitalen Modulationsverfahren	145
9.2	Amplitudentastung (ASK)	146
	Tönende und tonlose Tastung	146
	Spektrum	146
	Bandbreite bei Amplitudentastung	147
	Anwendungsbeispiel: Wechselstromtelegrafie	148
9.3	Frequenzumtastung (FSK)	149
	Inkohärente FSK	149
	Kohärente FSK	149
	Prinzip der Modulation von CPFSK und MSK	150
	Digitalsignal und I/Q-Modulator bei MSK	151
	Phasenhub und Modulationsindex bei MSK	153
	Anwendungsbeispiele für MSK	153
9.4	Phasenumtastung (2-PSK und 2-DPSK)	
	Modulator für 2-PSK	155
	Spektrum	155
	Differenzphasenmodulation DPSK	156
	Modulation von 2-DPSK	156
	Demodulation von 2-DPSK	156
9.5	Höherwertige Phasenumtastung (n -PSK)	157
	Zweck der höherwertigen Tastung	157
	Prinzip der n -PSK	158
	Beispiel zur Erzeugung von 4-PSK	158
	Demodulation von 4-PSK	159

	Anwendungsbeispiele	159
	Nachteil der höherwertigen Tastung	161
9.6	n -QAM	161
	Anwendungsbeispiel zu 16-QAM	161
9.7	Rauschen und Bitfehler	162
	Bitfehlerquote bei getragener Übertragung	162
	Einfluß des Demodulators	163
	Vergleich bei zweiwertiger Tastung	163
	Höherwertige Tastung	163
9.8	Fragen und Aufgaben	163
10	Pulsmodulation (PM)	165
10.1	Arten und Begriffe der Pulsmodulation	165
10.2	Erzeugung der PAM	166
10.3	Spektrum bei PAM	169
10.4	Demodulation von PAM	171
10.5	Übertragungsprobleme	173
	Rahmennebensprechen	173
	Alias-Effekt, Unterabtastung	174
	Rauschen, selektive und impulsförmige Störer	174
10.6	Impulsantwort und Abtasttheorem	175
10.7	Pulsdauermodulation	176
	Erzeugung der PDM	176
	Demodulation der PDM	179
10.8	Pulsphasenmodulation	179
	Erzeugung von PPM	179
	Synchronisation	179
	Spektrum der PPM	180
	Demodulation der PPM	181
10.9	Pulsfrequenzmodulation	181
10.10	Fragen und Aufgaben	183
11	Pulskodemodulation (PCM)	184
11.1	Prinzip der PCM	184
	PCM im Einzelkanal	184
11.2	Quantisierung und Kodierung	185
	Quantisierungsbereich und -intervalle	185
	Kodewortlänge	185
	Übertragungsgeschwindigkeit	186
11.3	Quantisierungsgeräusch	186
	Ursache des Quantisierungsgeräusches	186
	Quantisierungsgeräuschabstand	186
	Aussteuerungsabhängigkeit des Quantisierungsgeräuschabstands	187
11.4	Kompandierung	188
	Momentanwertkompandierung	188
	Digitale Kompandierung	188
	13-Segment-Kompanderkennlinie	189
11.5	Kodierer und Dekodierer	192
	Zählverfahren	192
	Wägeverfahren	194
	Parallelverfahren	197
	Dekodierer	198
11.6	Mehrkanalübertragung	199

11.7	Regenerativverstärker	201
	Regenerierung	201
	Verstärker	203
	Bitfehler	203
11.8	Zusammenfassung	204
11.9	Nachrichtentheoretische Zusammenhänge	205
11.10	Fragen und Aufgaben	207
12	Sonstige Modulationen	208
12.1	Quadraturmodulation in der Farbfernsehtechnik	208
	Leuchtdichte- und Farbdifferenzsignal	208
	Modulation	208
	Farbkreis	209
	Demodulation	209
12.2	Deltamodulation (DM)	212
12.3	Modulation durch Amplitudenbegrenzung	214
12.4	Intermodulation	216
12.5	Lichtwellenmodulation	219
13	Lösungen zu Fragen und Aufgaben	224
	Literaturverzeichnis	227
	Stichwortverzeichnis	231