

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe	9	3	Zweiseitenbandmodulation mit unterdrücktem Träger (ZM)	54
1.1	Nachrichtensignal und Nachrichtenträger	9	3.1	Bedeutung des Trägers	54
1.2	Zweck des Nachrichtenträgers	10	3.2	Gegentaktmodulator	55
1.3	Prinzip der Modulation und Demodulation	10	3.3	Ringmodulator	57
1.4	Addition gleichfrequenter sinusförmiger Schwingungen	12	3.4	Produktmodulator	61
1.5	Addition verschiedenfrequenter Schwingungen	14	3.5	Der Produktmodulator als Phasenvergleicher	63
1.6	Methode des „ruhenden Zeigers“	17	3.6	Demodulation bei ZM	65
1.7	Schwebung	18	3.7	Anwendung der ZM	66
1.8	Fourier-Analyse	19	3.8	Stereo-Rundfunk	66
1.9	Multiplikation zeitabhängiger Größen	21	3.9	Farbfernsehtechnik	70
	Sinuslinien gleicher Frequenz und Phase	21		Mathematische Zusammenhänge	72
	Sinusförmige Schwingungen verschiedener Frequenz	25		Fragen und Aufgaben	73
1.10	Multiplikation mit nichtsinusförmigen Schwingungen	26	4	Einseitenbandmodulation (EM)	74
	Potenzieren sinusförmiger Schwingungen	28	4.1	Modulationsprinzip	74
	Potenzieren überlagerter Sinusschwingungen	29	4.2	Filtermethode	75
1.11	Nichtlineare Kennlinie	29	4.3	Phasenmethode	78
1.12	Mathematische Zusammenhänge	33	4.4	Demodulation bei EM	79
	Mathematische Darstellung der Sinusschwingung	33	4.5	EB-Modulation in der Tf-Technik	80
	Winkelfunktionen zusammengesetzter Winkel	33	4.6	Zusammenfassung	82
1.13	Fragen und Aufgaben	35	4.7	Mathematische Zusammenhänge	83
			4.8	Fragen und Aufgaben	84
2	Amplitudenmodulation (AM)	36	5	Restseitenbandmodulation (RM)	85
2.1	Prinzip der AM-Übertragung	36	5.1	Erzeugung	85
2.2	Erzeugung der Amplitudenmodulation	37	5.2	Nyquistflanke	86
2.3	Modulationsgrad	38	5.3	Verzerrungen	86
2.4	Spektrum der AM	39	5.4	Anwendung in der Fernsehtechnik	87
2.5	Zeigerdarstellung der AM	43	5.5	Fragen und Aufgaben	88
2.6	Bandbreite bei AM	44	6	Frequenzmodulation (FM)	89
2.7	Demodulation	45	6.1	Erzeugung der FM	89
2.8	Störungen und Übertragungsfehler	48	6.2	Modulations- und FM-Schwingung	91
2.9	Modulation und Mischung	50	6.3	Zusammenhang zwischen Frequenz und Phasenwinkel	93
2.10	Mathematische Zusammenhänge	52	6.4	Modulationsindex	96
2.11	Fragen und Aufgaben	53	6.5	Spektrum der FM	98
			6.6	Betrachtung der FM als Überlagerung	100
			6.7	Zeigerdarstellung der FM	102
			6.8	Bandbreite bei FM	104
			6.9	Störunterdrückung durch FM und Übertragungsfehler	105
				Pre- und Deemphasis	106
				Übertragungsfehler	107

6.10	Demodulation der FM	108	Prinzip der <i>n</i> -PSK	135	
6.11	Mathematische Zusammenhänge bei FM	113	Beispiel zur Erzeugung von 4-PSK	135	
6.12	Fragen und Aufgaben	115	Demodulation von 4-PSK	135	
7	Phasenmodulation	116	Anwendungsbeispiele	136	
7.1	Unterschied Phasenmodulation – Frequenzmodulation	116	Nachteil der höherwertigen Tastung	138	
7.2	Erzeugung der Phasenmodulation	117	8.7	<i>n</i> -QAM	139
7.3	Demodulation	120	Anwendungsbeispiel zu 16-QAM	139	
7.4	Störungen bei Phasenmodulation – Vergleich mit FM	120	Eigenschaften des Digitalsignals	139	
7.5	Mathematische Zusammenhänge bei Phasenmodulation	121	Kode und Bezeichnungen	139	
7.6	Fragen und Aufgaben	121	Zeitbeziehungen bei Signalen	140	
8	Digitale Modulation (Tastung)	122	Spektrum des Digitalsignals	141	
8.1	Grundbegriffe	122	Impulsformung und Bandausnutzung	143	
	Gleich- und Wechselstromtastung	122	Tiefpaß, Roll-off-Faktor	143	
	Schrittgeschwindigkeit	123	Einschwingzeit, Bandbreite	143	
	Datenübertragungsgeschwindigkeit	123	Schrittgeschwindigkeit und Bandbreite	144	
8.2	Punktfrequenz	123	Bandbreite	144	
	Digitale Modulation im Basisband	124	Bandbreiteausnutzung	144	
	Harte und weiche Tastung	124	8.10	Kanalkodierung	145
	Bandbreite bei Basisbandübertragung	124	AMI-Kode	145	
	Kanalkode	124	HDB- <i>n</i> -Kode	146	
	Anwendungsbeispiel: Datenanschlußgerät	124	B6ZS-Kode	146	
8.3	Amplitudentastung (ASK)	126	4B/3T-Kode	146	
	Tönende und tonlose Tastung	126	Partial-Response-Kode	146	
	Spektrum	126	IRIG-standardisierte Kodes	147	
	Bandbreite bei Amplitudentastung	127	Verwürfelung	148	
	Anwendungsbeispiel: AM-Wechselstromtelegrafie	128	Eigenschaften des PN-Signals	149	
8.4	Frequenztastung (FSK)	128	8.11	Bitfehler und Verzerrungen	150
	Prinzip der FSK	128	Digitalfehler	150	
	Erzeugung von FSK	128	Fehlerhäufigkeit, Bitfehlerquote	150	
	Demodulation von FSK	129	Jitter und Wander	150	
8.5	Anwendungsbeispiele für FSK	129	Entscheiderschaltung und Regenerator	150	
	Phasentastung (2-PSK und 2-DPSK)	131	Augendiagramm	150	
	Modulator für 2-PSK	131	Schrittverzerrung	151	
	Demodulator für 2-PSK	132	Rauschen im Basisband	151	
	Spektrum	132	Bitfehlerquote bei geträgerter Übertragung	152	
	Differenzphasenmodulation	132	Höherwertige Tastung	153	
8.6	DPSK	132	8.12	Mathematische Zusammenhänge	154
	Höherwertige Phasentastung (n-PSK)	133	Der Dirac-Impuls	154	
	Zweck der höherwertigen Tastung	135	Die si-Funktion	154	
			Idealer Tiefpaß und Einschwingverhalten	154	
			Einschwingzeit des Tiefpasses	155	
		8.13	Fragen und Aufgaben	155	
9	Pulsmodulation (PM)	157			
9.1	Arten und Begriffe der Pulsmodulation	157			
9.2	Erzeugung der PAM	158			
9.3	Spektrum bei PAM	161			
9.4	Demodulation von PAM	163			

9.5	Übertragungsprobleme	165	10.5	Kodierer und Dekodierer	184
	Rahmennebensprechen	165		Zählverfahren	184
	Alias-Effekt, Unterabtastung . .	166		Wägeverfahren	186
	Rauschen, selektive und impulsförmige Störer	166		Parallelverfahren	189
9.6	Impulsantwort und Abtast- theorem	167	10.6	Dekodierer	190
9.7	Pulsdauermodulation	168	10.7	Mehrkanalübertragung	191
	Erzeugung der PDM	168		Regenerativverstärker	193
9.8	Demodulation der PDM	171		Regenerierung	193
	Pulsphasenmodulation	171		Verstärker	195
	Erzeugung von PPM	171	10.8	Bitfehler	195
	Synchronisation	171	10.9	Zusammenfassung	196
	Spektrum der PPM	172		Nachrichtentheoretische Zusammenhänge	197
	Demodulation der PPM	173	10.10	Fragen und Aufgaben	199
9.9	Pulsfrequenzmodulation	173			
9.10	Fragen und Aufgaben	175			
10	Pulskodemodulation (PCM) . . .	176	11	Sonstige Modulationen	200
10.1	Prinzip der PCM	176	11.1	Quadraturmodulation in der Farbfernsehtechnik	200
	PCM im Einzelkanal	176		Leuchtdichte- und Farb- differenzsignal	200
10.2	Quantisierung und Kodierung . .	177		Modulation	200
	Quantisierungsbereich und -intervalle	177		Farbkreis	201
	Kodewortlänge	177	11.2	Demodulation	201
	Übertragungsgeschwindigkeit . .	178	11.3	Deltamodulation (DM)	204
10.3	Quantisierungsgeräusch	178	11.4	Modulation durch Amplituden- begrenzung	206
	Ursache des Quantisierungs- geräusches	178	11.5	Intermodulation	208
	Quantisierungsgeräuschabstand .	178		Lichtwellenmodulation	211
	Aussteuerungsabhängigkeit des Quantisierungsgeräusches	179			
10.4	Kompaundierung	180	12	Antworten und Lösungen	216
	Momentanwertkompaundierung .	180		Literaturverzeichnis	219
	Digitale Kompaundierung	180		Stichwortverzeichnis	223
	13-Segment-Kompander- kennlinie	181			