

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Allgemeine mathematischen Zeichen und Begriffe	1
1.1 Mathematische Zeichen und Begriffe	3
1.2 Zahlen und Zahlensysteme	3
1.3 Griechisches Alphabet	6
1.4 Logarithmieren	6
1.5 Funktionen	7
1.6 Längen-, Flächen- und Körperberechnungen	11
1.7 Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache	15
1.8 SI-Basiseinheiten	15
1.9 Schaltalgebra	18
1.10 Trigonometrie (Ebene)	19
1.11 Sphärische Trigonometrie	22
1.12 Gleichungen	23
1.13 Analytische Geometrie	24
1.14 Vektoren	27
1.14.1 Skalarprodukt	27
1.14.2 Vektorprodukt	28
1.15 Komplexe Zahlen	28
1.16 Grenzwerte	30
1.17 Differentialrechnungen	31
1.18 Integralrechnungen	33
1.19 Potenzreihenentwicklung	34
1.20 Kombinatorik	36
1.21 Determinanten	37
1.21.1 Eigenschaften	38
1.21.2 Auflösung eines linearen Gleichungssystems	39
1.22 Matrizen	40
1.22.1 Rechenregeln	41

1.23	Mengenlehre	41
1.23.1	Grundbegriffe	41
1.23.2	Mengenoperation	42
1.23.3	Rechenregeln	42
1.24	Wahrscheinlichkeitsrechnung	42
1.25	Normalverteilung	44
2	Allgemeine Elektrotechnik	45
2.1	Einheiten der Elektrotechnik	45
2.2	Ladung	46
2.3	Spannung	47
2.4	Stromstärke	47
2.5	Stromdichte	47
2.6	Elektrizitätsmenge	47
2.7	Spannungspotential	48
2.8	Ohm'sches Gesetz	48
2.9	Elektrische Leistung	48
2.10	Elektrische Arbeit	48
2.11	Messen der elektrischen Leistung	49
2.12	Wirkungsgrad	49
2.13	Leitungswiderstand	50
2.14	Widerstand und Temperatur	50
2.15	Spannungsfall auf Leitungen	51
2.16	Leitwert und Widerstand	51
2.17	Reihenschaltung von Widerständen	51
2.18	Parallelschaltung von Widerständen	52
2.19	Widerstände mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten	52
2.20	Ideale Spannungsquelle	52
2.21	Ideale Stromquelle	53
2.22	Reale Spannungsquelle	53
2.23	Reale Stromquelle	53
2.24	Belasteter Spannungserzeuger	54
2.25	Anpassung	54
2.26	Reihenschaltung von Spannungserzeugern	55
2.27	Parallelschaltung von Spannungserzeugern	55
2.28	Erstes Kirchhoff'sches Gesetz (Knotenregel)	55
2.29	Zweites Kirchhoff'sches Gesetz (Maschenregel)	55
2.30	Umrechnung einer Strom- in eine Spannungsquelle	56
2.31	Umrechnung einer Spannungs- in eine Stromquelle	56
2.32	Wärmewirkungsgrad	57
2.33	Faraday'sches Gesetz	57
2.34	Ersatzspannungsquelle	58
2.35	Ersatzstromquelle	58

3	Gleichstromkreis	59
3.1	Elektrische Größen	59
3.2	Strom-Spannungs-Diagramm	59
3.3	Reihen- und Parallelschaltung	60
3.4	Unbelasteter Spannungsteiler	60
3.5	Spannungsteiler mit veränderbarem Abgriff	60
3.6	Belasteter Spannungsteiler	61
3.7	Vorwiderstand	61
3.8	Messbereichserweiterung für Spannungsmessung	62
3.9	Messbereichserweiterung Strommessung	62
3.10	Wheatstone Brücke	62
3.11	Schleifdrahtbrücke	63
3.12	Schleifdrahtbrücke nach Thomson	63
3.13	Dreieck-Stern-Umwandlung	63
3.14	Stern-Dreieck-Umwandlung	64
3.15	Internationale Reihe von Widerständen	64
4	Wechselspannung und Wechselstrom	67
4.1	Sinusförmige Wechselspannung	67
4.2	Spitzen- und Effektivwerte	67
4.3	Zeiger- und Liniendiagramm	68
4.4	Phasenverschiebung	69
4.5	Leistung im Wechselstromkreis	69
4.6	Amplitudenform der Messgröße	70
4.7	Spannungsarten	71
4.8	Rechtecksignale	73
4.9	Signallaufzeit	74
4.10	Addition phasenverschobener Spannungen und Ströme	75
4.11	Fourier-Analyse	76
5	Elektrisches Feld und Kondensator	85
5.1	Kraft zwischen Ladungen (Coulomb'sches Gesetz)	85
5.2	Elektrische Feldstärke	85
5.3	Kapazität eines Kondensators	86
5.4	Parallelschaltung für Kondensatoren	86
5.5	Reihenschaltung für Kondensatoren	87
5.6	Temperaturverhalten von Kondensatoren	87
5.7	Kapazität von Kondensatoren	87
5.8	Energie eines geladenen Kondensators	89
5.9	Elektrische Ladungsverschiebung	89
5.10	Kapazitiver Blindwiderstand	89
5.11	Drehkondensator	90
5.12	Zeitkonstante eines Kondensators	92
5.13	Austausch eines Kondensators (Kapazitätsvariation)	93
5.14	Verlustfaktor von Kondensatoren	93
5.15	Reststrom von Elektrolytkondensatoren	93

6	Magnetisches Feld und Induktionsspannung	95
6.1	Magnetische Durchflutung	95
6.2	Magnetische Feldstärke	95
6.3	Magnetische Flussdichte (Induktion)	96
6.4	Magnetische Feldstärke und Flussdichte	96
6.5	Magnetischer Widerstand und magnetischer Leitwert	97
6.6	Magnetischer Kreis mit Luftspalt (ohne Streuung)	97
6.7	Kraft im Magnetfeld	97
6.8	Stromdurchflossener Leiter mit Magnetfeld	98
6.9	Spule im Magnetfeld	98
6.10	Kraft auf parallele Stromleiter	98
6.11	Induktion	99
6.12	Induktion der Bewegung	99
6.13	Selbstinduktionsspannung	99
6.14	Selbstinduktivität von Spulen	100
6.15	Energie einer stromdurchflossenen Spule	100
6.16	Reihenschaltung von Induktivitäten	100
6.17	Parallelschaltung von Induktivitäten	100
6.18	Reihenschaltung von Induktivitäten mit magnetischer Kopplung	101
6.19	Parallelschaltung von Induktivitäten mit magnetischer Kopplung	101
6.20	Selbstinduktion (konzentrisches Kabel, Koaxialkabel)	102
6.21	Selbstinduktion (Leitung gegen Masse)	102
6.22	Selbstinduktion (Doppelleitung)	102
6.23	Einlagige Spule	102
6.24	Mehrlagige Spule	103
6.25	Ringkreisförmige Luftspule	103
6.26	Zeitkonstante einer Spule	103
6.27	Induktiver Blindwiderstand	104
6.28	Umwickeln von Spulen	104
6.29	Spulengüte	105
6.30	Transformator (ohne Verluste)	105
7	Widerstände im Wechselstromkreis	107
7.1	Ohm'scher Widerstand	107
7.2	Induktiver Widerstand	107
7.3	Kapazitiver Widerstand	108
7.4	RL-Reihenschaltung	108
7.5	RL-Parallelschaltung	109
7.6	RC-Reihenschaltung	109
7.7	RC-Parallelschaltung	110
7.8	RLC-Reihenschaltung	111
7.9	RLC-Parallelschaltung	111
7.10	Reihenschaltung von RL-Gliedern	112
7.11	Reihenschaltung von RC-Gliedern	113
7.12	Parallelschaltung von RL-Gliedern	114
7.13	Parallelschaltung von RC-Gliedern	114
7.14	Reihenschaltung von RLC-Gliedern	115

7.15	Parallelschaltung von RLC-Gliedern	116
7.16	Umrechnung von RC-Gliedern zwischen Reihen- und Parallelschaltung	116
7.17	Umrechnung von RL-Schaltung zwischen Reihen- und Parallelschaltung	117
7.18	Verlustbehafteter Kondensator	117
7.19	Verlustbehaftete Spule	118
7.20	Leistung und Leistungsfaktor	118
7.21	Bauelement, Zeiger- und Liniendiagramme für Ohm'sche Widerstände	119
7.22	Bauelement, Zeiger- und Liniendiagramme für induktive Blindwiderstände	119
7.23	Bauelement, Zeiger- und Liniendiagramme für kapazitive Blindwiderstände	120
7.24	Resonanz bei Schwingkreisen	120
7.25	Reihenschwingkreis	121
7.26	Parallelschwingkreis	121
7.27	Scheinwiderstand und Phasenverschiebung	122
7.28	Komplexe Darstellung von R, C und L	123
7.29	Vierpolparameter von elektrischen Zweitoren	124
7.30	Umrechnung der Vierpolparameter	126
7.31	Zusammenschalten von Vierpolen	127
7.32	Frequenzweichen für Lautsprecher	128
8	Filterschaltungen	131
8.1	RC- und LR-Tiefpass	131
8.2	CR- und RL-Hochpass	133
8.3	LC-Glied	134
8.4	CL-Glied	135
8.5	T- und π -Tiefpass	135
8.6	T- und π -Hochpass	136
8.7	LC-Verzögerungsleitung	137
8.8	Tiefpass-Doppelglied	137
8.9	Hochpass-Doppelglied	138
8.10	LC-Bandpass	139
8.11	LC-Bandsperre	140
8.12	RC-Bandpass (Wienbrücke)	140
8.13	Phasenschieber	141
8.14	Integrierglied	141
8.15	Differenzierglied	141
8.16	Wellenwiderstand für Leitungen	142
8.17	Dämpfungskonstante für Kabel	142
8.18	Ausbreitungsgeschwindigkeit für Freileitungen	143
8.19	Ausbreitungsgeschwindigkeit für hochfrequente Leitungen und Kabel	143
8.20	Reflexionsfaktor	143
8.21	Rückflussdämpfung	144

8.22	Wellenwiderstand im Aufbau	144
8.23	Klirrfaktor	145
8.24	Klirrdämpfung	145
8.25	Skineffekt, Hauteffekt	146
8.26	Induktive Erwärmung	146
8.27	Rauschen	147
9	Dämpfung, Verstärkung, Pegel	149
9.1	Dämpfungsfaktor	149
9.2	Übertragungsfaktor	149
9.3	Dämpfungsmaß in Bel	150
9.4	Dämpfungsmaß in dB	150
9.5	Übertragungsmaß in dB	150
9.6	Dämpfungsmaß in Np	150
9.7	Relativer Pegel	151
9.8	Absoluter Pegel in dB	151
9.9	Betriebsdämpfung	151
9.10	Rückfluss- oder Echodämpfung	152
9.11	Nebensprechdämpfung	152
9.12	Gesamtdämpfungsmaß einer Übertragungsstrecke	152
9.13	Dämpfungsglieder	153
9.14	Störpegelabstand	153
9.15	Nebensprechdämpfung	153
9.16	Reflexionsfaktor, Anpassungsfaktor, Welligkeitsfaktor	154
9.17	Wellenwiderstand, Dämpfungskonstante, Ausbreitungsgeschwindigkeit	154
9.18	Wellenwiderstand, Dämpfungskonstante, Ausbreitungsgeschwindigkeit für Kabel	155
9.19	Wellenwiderstand im Aufbau	156
9.20	Datenübertragung	157
9.21	Dämpfungsverlauf	158
9.22	Elektromagnetische Wellen	159
9.23	Hochfrequenzleitung	163
9.24	Resonanzfrequenzänderung mit Drehkondensator	164
9.25	Anpassung durch Resonanztransformator	164
9.26	Gekoppelte Bandfilter	166
10	Dioden	169
10.1	Verlustleistung einer Diode	169
10.2	Zulässige Verlustleistung einer Diode	169
10.3	Statischer Diodenwiderstand (Gleichstromwiderstand)	170
10.4	Dynamischer Diodenwiderstand (Wechselstromwiderstand)	171
10.5	Temperaturverhalten von Dioden	171
10.6	Spannungsbegrenzung	172
10.7	Diodenschalter	172
10.8	M1U, Einpuls-Mittelpunktschaltung	173
10.9	M2U, Zweipuls-Mittelpunktschaltung	173

10.10	B2U, Zweipuls-Brückenschaltung	174
10.11	M3U, Dreipuls-Mittelpunktschaltung	174
10.12	B6U, Sechspuls-Brückenschaltung	175
10.13	Arithmetischer Mittelwert (Ohm'sche Last bei Gleichstrom)	175
10.14	Strombelastbarkeit	175
10.15	Sperrspannung	176
10.16	M1U-Gleichrichter mit Ladekondensator	176
10.17	M2U-Gleichrichter mit Ladekondensator	177
10.18	B2U-Gleichrichter mit Ladekondensator	177
10.19	RC-Siebung	178
10.20	LC-Siebung	178
10.21	Spannungsverdopplung nach Delon (Greinacher)	178
10.22	Spannungsverdopplung nach Villard (Kaskadenschaltung)	179
10.23	Spannungsvervielfachung nach Villard	179
10.24	Reihen- und Parallelschaltung von Dioden	179
10.25	Unbelastete Spannungsstabilisierung	180
10.26	Belastete Spannungsstabilisierung	181
10.27	Differentieller Innenwiderstand der Z-Diode	181
10.28	Glättungsfaktor	181
10.29	Stabilisierungsfaktor	182
10.30	Kapazitätsdioden	182
10.31	Tunneldiode	183
11	Bipolare Transistoren	185
11.1	h-Kenngrößen von Transistoren	185
11.2	y-Kenngrößen von Transistoren (Leitwerte)	186
11.3	Kennzeichnung von Transistorgrößen	186
11.4	Kennwerte und Kennlinien	186
11.5	Vierpol-Parameter	188
11.6	Beschalteter Vierpol (Emitterschaltung)	189
11.7	y-Parameter für die Emitterschaltung	190
11.8	h- und y-Parameter	191
11.9	Umrechnung der y-Kennwerte aus den Grundsaltungen	192
11.10	Verlustleistung	192
11.11	Arbeitspunkteinstellung	193
11.12	Arbeitsgerade für Gleich- und Wechselstrom	194
11.13	Kleinsignalverstärkung (Emitterschaltung)	194
11.14	Kleinsignalverstärkung (Basisschaltung)	195
11.15	Kleinsignalverstärkung (Kollektorschaltung)	195
11.16	Stromgegenkopplung	195
11.17	Spannungsgegenkopplung	196
11.18	Kopplungskondensatoren	196
11.19	Transistor als Schalter	197
11.20	Astabile Kippschaltung (Rechteckgenerator)	199
11.21	Monostabile Kippschaltung	200
11.22	Bistabile Kippschaltung (Flipflop)	200
11.23	Schmitt-Trigger (Schwellertschaltung)	201

11.24	Gegen- und Mitkopplung	201
11.25	RC-Phasenschieber-Generator	202
11.26	RC-Wienbrücken-Generator	203
11.27	Meißner-Schaltung	204
11.28	Hartley-Schaltung	204
11.29	Gegentakt-Hartley-Schaltung	205
11.30	Colpits-Schaltung I	205
11.31	Colpits-Schaltung II	206
11.32	ECO-Schaltung	206
11.33	Quarzschaltung für niedrige Frequenzen	207
11.34	Quarzschaltung für hohe Frequenzen	207
11.35	Quarzschaltung für sehr hohe Frequenzen	207
11.36	Induktive Kopplung bei Kleinsignalverstärkern	208
11.37	Kapazitive Kopplung bei Kleinsignalverstärkern	208
11.38	Gleichstromkopplung bei Kleinsignalverstärkern	209
11.39	Darlington-Schaltung	209
11.40	Emitterschaltung mit Stromgegenkopplung	210
11.41	Emitterschaltung mit Spannungsgegenkopplung	210
11.42	Bootstrap-Schaltung	210
11.43	Leistungsverstärker	211
11.44	Kaskode-Schaltung	212
11.45	Konstantspannungsquelle	213
11.46	Konstantstromquelle	213
11.47	Differenzverstärker	213
12	Feldeffekttransistor, MOSFET und Röhren	215
12.1	Feldeffekttransistor (FET)	216
12.2	Konstantstromquelle	218
12.3	Sägezahngenerator	219
12.4	Rechteckgenerator	219
12.5	Monostabile Kippstufe	220
12.6	Wechselspannungsverstärker	220
12.7	MOSFET	221
12.8	Dual-Gate-MOSFET	223
12.9	Röhren	224
12.10	Trioden-Schaltung	226
12.11	Pentoden-Schaltung	227
13	Operationsverstärker	229
13.1	Grundsaltungen des Operationsverstärkers	231
13.2	Komparator und Schmitt-Trigger	233
13.3	Wandler mit Operationsverstärker	236
13.4	Generatoren mit Operationsverstärker	239
13.5	Aktive Tiefpass- und Hochpass-Filter	242
13.6	Umwandlung von Tief- in Hochpassfilter	252
13.7	Selektiver Bandpass 2. Ordnung mit Schwingkreis	253
13.8	Selektive Bandsperre 2. Ordnung	253

13.9	Sallen-Key-Bandpass 2. Ordnung	255
13.10	Notch-Filter	258
13.11	Allpassfilter	259
14	Regelungstechnik	261
14.1	Regelkreis	261
14.2	Verhalten von Regelkreisen	262
14.3	Klassifizierung von Regelstrecken	264
14.4	Ortskurven in der Regelungstechnik	266
14.5	Bodediagramm in der Regelungstechnik	268
14.6	Regelstreckenglieder	271
14.7	Realisierung von elektronischen Reglern	274
14.8	Arbeitsweise von geschlossenen Regelkreisen	288
14.9	Optimierung von Regelkreisen	292
14.10	Schaltende Regler	296
15	Digitaltechnik	299
15.1	Bedeutung der binären Signalwerte	299
15.2	Zahlensysteme	299
15.3	Umrechnen von Zahlensystemen	300
15.4	Bits und Bytes	301
15.5	Codes	303
15.6	Logische Grundfunktionen	307
15.7	Grundregeln der Schaltalgebra	309
15.8	Minimieren mit Karnaugh-Diagramm	310
15.9	Grundsaltungen mit Flipflops	312
15.10	Auslastfaktoren (fan-in, fan-out) bei TTL-Bausteinen	313
15.11	CMOS-Bausteine	314
15.12	Digitale Schalter	319
15.13	Monostabile Schaltungen	320
15.14	Astabile Kippschaltungen	321
15.15	Asynchrone Frequenzteiler und Zähler	323
16	Sensorik	327
16.1	NTC-Widerstände (Heißeiter)	327
16.2	PTC-Widerstand (Kaltleiter)	330
16.3	Brückenschaltung	330
16.4	Dehnungsmessstreifen	332
16.5	Ohm'scher Weg- und Winkelaufnehmer	334
16.6	Induktiver Weg- und Winkelaufnehmer	334
16.7	Kapazitiver Weg- und Winkelaufnehmer	335
16.8	Hallgenerator	336
16.9	Feldplatte	337
16.10	VDR-Widerstand	338
16.11	Peltier-Batterie	339
16.12	Beleuchtungsgrößen und Einheiten	339

16.13	Fotowiderstände	341
16.14	Fotodioden	342
16.15	Fototransistoren	343
16.16	Fotoelemente	344
16.17	Leuchtdioden	345
16.18	Optokoppler	346
17	Messtechnik	347
17.1	Klasseneinteilung und Bedingungen	347
17.2	Genauigkeiten von Messgeräten	350
17.3	Genauigkeiten von Betriebsmessgeräten	351
17.4	Anzeige eines Digitalmessgerätes	352
17.5	Messbereichserweiterung (Spannung)	352
17.6	Messbereichserweiterung (Strom)	353
17.7	Amplitudenform der Messgröße	353
17.8	Spannungs- und Strommessung mit Messwandlern	355
17.9	Leistungsmessung: Schein- und Wirkleistung	355
17.10	Widerstandsmessung	356
17.11	Direktanzeigende Ohmmeter	356
17.12	Schleifdrahtbrücke	357
17.13	Messung an Spannungsteilern	357
17.14	Kapazitätsmessung	357
17.15	Induktivitätsmessung	358
17.16	Messung der elektrischen Leistung	359
17.17	Wechselspannungs-Messbrücken	360
17.18	Messen mit dem Oszilloskop	363
17.19	Statistische Berechnung der Messunsicherheit	368
18	Drehstrom und Wechselstrom	375
18.1	Augenblickswert, Scheitelwert, Spitze-Spitze-Wert, Effektivwert	376
18.2	Sternschaltung	377
18.3	Dreieckschaltung	378
18.4	Leitungssysteme	379
18.5	Drehstrommotor	380
18.6	Umwandlung von Stern-Dreieck und Dreieck-Stern	381
18.7	Drehstrom-Asynchronmotor	381
18.8	Motormoment	382
18.9	Blindstromkompensation für Drehstrom	384
18.10	Drehstrommotor an Wechselspannung	384
18.11	Gleichstrom-Scheibenläufer	386
18.12	Schrittmotor	386
18.13	Mechanische Übertragung der Motorleistung	387
18.14	Drehstromzähler und Netzformen	390
18.15	Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen	392
18.16	Gefährliche Körperströme	395
	Sachwortverzeichnis	397