

Wolfgang Böge (Hrsg.)
Wilfried Pläßmann (Hrsg.)

Vieweg Handbuch Elektrotechnik

**Grundlagen und Anwendungen
für Elektrotechniker**

3., verbesserte und ergänzte Auflage

Mit 1805 Abbildungen und 273 Tabellen



Inhaltsverzeichnis

Mathematik

I	Arithmetik	1
1	Mengen	1
2	Aussageformen und logische Zeichen	1
2.1	Aussageformen	1
2.2	Logische Zeichen	1
2.3	Vollständige Induktion	2
3	Einteilung der Zahlen	2
4	Grundrechenarten	3
5	Grundlegende Rechenregeln	4
5.1	Buchstabenrechnen	4
5.2	Kehrwert, Quersumme	4
5.3	Teilbarkeitsregeln	4
5.4	Punktrechnung vor Strichrechnung	4
5.5	Potenzrechnung vor Punktrechnung	4
5.6	Grundgesetze der Addition und Multiplikation	5
5.7	Grundregeln der Klammerrechnung	5
5.8	Multiplikation mit Klammern	5
5.9	Indizes, Summenzeichen, Produktzeichen	6
5.10	Binomische Formeln	6
5.11	Fakultäten, Binomialkoeffizienten und Pascalsches Dreieck	6
5.12	Binomischer Lehrsatz	7
5.13	Division mit Klammern	8
6	Bruchrechnung	8
6.1	Definitionen	8
6.2	Erweitern und Kürzen	8
6.3	Addieren und Subtrahieren gleichnamiger Brüche	9
6.4	Addieren und Subtrahieren ungleichnamiger Brüche	9
6.5	Multiplizieren von Brüchen	9
6.6	Dividieren von Brüchen	10
7	Potenz- und Wurzelrechnung	10
7.1	Definition der Potenz	10
7.2	Regeln der Potenzrechnung	10
7.3	Definition der Wurzel	11
7.4	Regeln der Wurzelrechnung	12
8	Dezimalzahlen und Dualzahlen	14
8.1	Dezimalsystem	14
8.2	Dualsystem	14
8.3	Runden	15
9	Logarithmen	15
9.1	Definition des Logarithmus	15
9.2	Spezielle Basen	15
9.3	Regeln der Logarithmenrechnung	16
9.4	Zusammenhang von Logarithmen mit verschiedenen Basen	16
9.5	Dekadische Logarithmen	17
10	Mittelwerte	17
10.1	Arithmetisches Mittel	17
10.2	Geometrisches Mittel	17
10.3	Harmonisches Mittel	17
10.4	Quadratisches Mittel	18
11	Ungleichungen	18
11.1	Definitionen und Rechenregeln	18
11.2	Absolutbetrag	18
11.3	Intervalle	19

12 Komplexe Zahlen	19
12.1 Algebraische Form	19
12.2 Trigonometrische Form	20
12.3 Addieren und Subtrahieren komplexer Zahlen	21
12.4 Multiplizieren komplexer Zahlen	21
12.5 Dividieren komplexer Zahlen	22
12.6 Potenzieren komplexer Zahlen	22
12.7 Radizieren komplexer Zahlen	23
12.8 Eulersche Formel	23
II Gleichungen	24
1 Gleichungsarten	24
2 Äquivalente Umformungen	25
3 Lineare Gleichungen	26
4 Proportionen	26
5 Quadratische Gleichungen	27
5.1 Definitionen	27
5.2 Lösungsverfahren	27
5.2.1 Sonderfälle	27
5.2.2 Normalform	28
5.2.3 Allgemeine Formen	29
5.2.4 Zerlegung in Linearfaktoren	29
5.3 Satz von Viëta für quadratische Gleichungen	29
6 Algebraische Gleichungen höheren Grades	30
6.1 Kubische Gleichungen	30
6.2 Polynomdivision	31
6.3 Gleichungen vierten Grades	32
6.4 Gleichungen n -ten Grades	33
6.5 Satz von Viëta für Gleichungen n -ten Grades	33
7 Auf algebraische Gleichungen zurückführbare Gleichungen	34
7.1 Bruchgleichungen	34
7.2 Wurzelgleichungen	35
8 Transzendente Gleichungen	35
8.1 Exponentialgleichungen	35
8.2 Logarithmische Gleichungen	36
8.3 Trigonometrische Gleichungen	36
9 Lineare Gleichungssysteme	37
9.1 Definitionen	37
9.2 Zwei lineare Gleichungen mit zwei Variablen	37
9.3 Drei lineare Gleichungen mit drei Variablen	39
9.4 Matrizen und Determinanten	39
10 Lineare Ungleichungen	44
10.1 Definitionen	44
10.2 Lineare Ungleichungen mit einer Variablen	44
10.3 Lineare Ungleichungen mit zwei Variablen	45
10.4 Lineare Ungleichungssysteme mit zwei Variablen	45
III Planimetrie	46
1 Geraden und Strecken	46
2 Winkel	47
3 Grundkonstruktionen mit Zirkel und Lineal	48
4 Projektion	49
5 Geometrische Örter	50
6 Dreiecke	50
6.1 Allgemeine Dreiecke	50
6.2 Gleichschenklige Dreiecke	51
6.3 Gleichseitige Dreiecke	51
6.4 Rechtwinklige Dreiecke	51

6.5	Besondere Geraden, Strecken und Kreise	51
6.6	Flächensätze im rechtwinkligen Dreieck	53
6.7	Kongruenz von Dreiecken	54
6.8	Grundkonstruktionen des Dreiecks.	55
7	Vierecke.	56
7.1	Allgemeine Vierecke	56
7.2	Trapeze	57
7.3	Parallelogramme	57
7.4	Rhomben	57
7.5	Rechtecke.	58
7.6	Quadrate	58
7.7	Drachen	58
7.8	Sehnenvierecke	58
7.9	Tangentenvierecke	59
8	Reguläre n-Ecke	59
9	Polygone.	60
10	Kreise	61
10.1	Definitionen	61
10.2	Kreissectoren	61
10.3	Kreissegmente	62
10.4	Kreise und Geraden	62
10.5	Winkelsätze am Kreis	62
10.6	Eigenschaften von Sekanten und Sehnen.	63
10.7	Tangentenkonstruktionen	63
10.8	Sätze über Sehnen, Sekanten, Tangenten.	63
10.9	Bogenmaß	64
11	Symmetrie	64
11.1	Punktsymmetrie.	64
11.2	Achsensymmetrie	65
12	Ähnlichkeit	65
12.1	Zentrische Streckung	65
12.2	Strahlensätze	65
12.3	Ähnliche Figuren	66
12.4	Streckenteilungen	66
IV	Stereometrie	68
1	Prismen	68
1.1	Allgemeine Prismen.	68
1.2	Parallelepiped und Würfel.	68
2	Zylinder	69
2.1	Allgemeine Zylinder	69
2.2	Gerade Kreiszylinder	69
2.3	Hohlzylinder	69
3	Pyramiden	70
3.1	Allgemeine Pyramiden	70
3.2	Gerade quadratische Pyramiden	70
4	Kegel.	71
4.1	Allgemeine Kegel.	71
4.2	Gerade Kreiskegel	71
5	Cavalierisches Prinzip.	72
6	Pyramidenstümpfe und Kegelstümpfe	72
6.1	Pyramidenstümpfe	72
6.2	Kegelstümpfe	72
7	Platonische Körper	73
8	Kugeln.	74
8.1	Definitionen	74
8.2	Kugelsegmente	74
8.3	Kugelsektoren	75
8.4	Kugelschichten	75

V	Funktionen	76
1	Definition und Darstellungen von Funktionen	76
1.1	Definitionen	76
1.2	Funktionsgleichung	76
1.3	Graph einer Funktion	77
1.4	Wertetabelle einer Funktion	77
2	Verhalten von Funktionen	77
2.1	Monotone Funktionen	77
2.2	Symmetrische Funktionen	78
2.3	Beschränkte Funktionen	79
2.4	Injektive Funktionen	79
2.5	Surjektive Funktionen	79
2.6	Bijektive Funktionen	79
2.7	Periodische Funktionen	79
2.8	Umkehrfunktionen	79
2.9	Reelle und komplexe Funktionen	80
3	Einteilung der elementaren Funktionen	80
4	Ganze rationale Funktionen	82
4.1	Konstante Funktionen	82
4.2	Lineare Funktionen	82
4.3	Quadratische Funktionen	84
4.4	Kubische Funktionen	87
4.5	Ganze rationale Funktionen n -ten Grades	88
4.6	Horner-Schema	89
5	Gebrochene rationale Funktionen	89
5.1	Nullstellen, Pole, Asymptoten	89
5.2	Partialbruchzerlegung	92
6	Irrationale Funktionen	93
7	Transzendente Funktionen	95
7.1	Exponentialfunktionen	95
7.2	Logarithmusfunktionen	96
VI	Trigonometrie	97
1	Definition der trigonometrischen Funktionen	97
2	Trigonometrische Funktionen für beliebige Winkel	98
3	Beziehungen für den gleichen Winkel	99
4	Graphen der trigonometrischen Funktionen	99
5	Reduktionsformeln	100
6	Additionstheoreme	101
7	Sinussatz und Kosinussatz	102
8	Grundaufgaben der Dreiecksberechnung	103
9	Arkusfunktionen	104
VII	Analytische Geometrie	106
1	Koordinatensysteme	106
1.1	Kartesisches Koordinatensystem der Ebene	106
1.2	Polarkoordinatensystem der Ebene	106
1.3	Zusammenhang zwischen kartesischen und Polarkoordinaten	107
1.4	Kartesisches Koordinatensystem des Raums	108
2	Geraden	108
2.1	Geradengleichungen	108
2.2	Abstände	110
3	Kreise	111
3.1	Kreisgleichungen	111
3.2	Berechnung von Kreisen	112
3.3	Kreis und Gerade	113
4	Kugeln	115

5	Kegelschnitte	115
5.1	Ellipsen	116
5.2	Hyperbeln	118
5.3	Parabeln	120
5.4	Anwendungen	122
6	Graphisches Lösen von Gleichungen	124
7	Vektoren	126
7.1	Definitionen	126
7.2	Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	127
7.3	Addition und Subtraktion zweier Vektoren	127
7.4	Komponentendarstellung von Vektoren in der Ebene	127
7.5	Komponentendarstellung von Vektoren im Raum	128
7.6	Skalarprodukt	129
7.7	Vektorprodukt	129
7.8	Spatprodukt	130
VIII	Differential- und Integralrechnung	131
1	Folgen	131
1.1	Grundbegriffe	131
1.2	Arithmetische Folgen	131
1.3	Geometrische Folgen	132
1.4	Grenzwert einer Folge	132
1.5	Tabelle einiger Grenzwerte	132
1.6	Divergente Folgen	133
2	Reihen	133
2.1	Definitionen	133
2.2	Arithmetische Reihen	134
2.3	Geometrische Reihen	134
2.4	Harmonische Reihen	135
2.5	Alternierende Reihen	135
3	Grenzwerte von Funktionen	136
3.1	Grenzwert an einer endlichen Stelle	136
3.2	Einseitige Grenzwerte	136
3.3	Grenzwert im Unendlichen	137
3.4	Rechenregeln für Grenzwerte	137
3.5	Unbestimmte Ausdrücke	137
3.6	Stetigkeit einer Funktion	137
3.7	Unstetigkeitsstellen	138
4	Ableitung einer Funktion	138
4.1	Definitionen	138
4.2	Differentiationsregeln	139
4.3	Höhere Ableitungen	141
4.4	Ableitungen einiger algebraischer Funktionen	141
4.5	Ableitungen einiger transzendenter Funktionen	142
4.5.1	Trigonometrische Funktionen	142
4.5.2	Logarithmusfunktionen	143
4.5.3	Exponentialfunktionen	143
4.5.4	Zusammenfassende Übersicht	143
4.6	Sekanten und Tangenten	143
4.7	Extremwerte von Funktionen	144
4.8	Krümmungsverhalten von Funktionen	144
4.9	Wendepunkte von Funktionen	145
4.10	Kurvendiskussion	146
4.11	Anwendungsbeispiele	146
4.12	Näherungsverfahren zur Nullstellenbestimmung	147
4.12.1	Regula falsi	147
4.12.2	Newtonsches Verfahren	147
5	Integralrechnung	148
5.1	Unbestimmtes Integral	148
5.2	Integrationsregeln	148
5.3	Unbestimmte Integrale einiger algebraischer Funktionen	150
5.4	Unbestimmte Integrale einiger transzendenter Funktionen	150
5.5	Bestimmtes Integral	151

5.6	Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung	152
5.7	Eigenschaften des bestimmten Integrals.	152
5.8	Einige Anwendungen der Integralrechnung	153
6	Funktionenreihen	155
6.1	Definitionen	155
6.2	Potenzreihen.	156
6.3	Fourier-Reihen.	157
Anhang		
A	Symbole und Bezeichnungsweisen	161
B	Mathematische Konstanten	163
C	Das griechische Alphabet	163

Physik

I	Einführung	165
1	Physikalische Größen	165
1.1	Skalare	165
1.2	Vektoren.	165
2	SI-System	165
II	Mechanik	166
1	Kinematik des Massenpunktes	166
1.1	Eindimensionale Bewegungen	166
1.1.1	Geschwindigkeit	166
1.1.2	Beschleunigung	167
1.1.3	Freier Fall.	167
1.1.4	Senkrechter Wurf	168
1.2	Zusammengesetzte Bewegungen	168
1.2.1	Schiefer Wurf.	169
1.3	Kreisbewegung	170
1.3.1	Bahngeschwindigkeit	170
1.3.2	Winkelgeschwindigkeit	170
1.3.3	Kreisfrequenz	170
1.3.4	Winkelbeschleunigung	170
2	Dynamik	171
2.1	Newtonsche Axiome	171
2.2	Kraft	171
2.3	Impuls	174
2.4	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Energie	174
2.5	Stoßprozesse.	176
2.6	Rotation	177
2.7	Gravitation	180
3	Elastische Verformung fester Körper	180
4	Mechanik der ruhenden Flüssigkeiten und Gase	181
4.1	Druck	181
4.2	Kompressibilität	181
4.3	Volumenausdehnung.	181
4.4	Hydrostatischer Druck in Flüssigkeiten	181
4.5	Schweredruck in Gasen	182
4.6	Auftrieb	182
5	Hydrodynamik	182
5.1	Kontinuitätsgleichung	182
5.2	Bernoulli-Gleichung	182
5.3	Innere Reibung	183
III	Thermodynamik.	183
1	Grundbegriffe	183

2	Temperatur	183
2.1	Einheiten	183
2.2	Temperaturmessung	184
3	Thermische Ausdehnung	184
3.1	Feste Stoffe	184
3.2	Flüssigkeiten	184
3.3	Gase	185
4	Ideale Gase	185
4.1	Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gase	185
4.2	Kinetische Gastheorie	186
4.3	Wärmeenergie	186
4.4	Zustandsänderungen idealer Gase	187
4.5	Kreisprozesse	188
5	Wärmeübertragung	188
5.1	Wärmeleitung	188
5.2	Wärmeströmung	189
5.3	Wärmestrahlung	189
IV	Schwingungen	189
1	Freie ungedämpfte harmonische Schwingungen	189
2	Gedämpfte Schwingungen	190
3	Erzwungene Schwingungen	190
4	Überlagerung harmonischer Schwingungen	191
4.1	Schwingungsrichtung parallel zueinander	191
4.2	Schwingungsrichtung senkrecht zueinander	192
V	Wellen	193
1	Harmonische Wellen	193
1.1	Ausbreitung	193
1.2	Interferenz	194
2	Huygensches Prinzip	195
2.1	Reflexion	196
2.2	Brechung	196
2.3	Beugung	196
3	Dopplereffekt	197
VI	Akustik	198
1	Schallausbreitung	199
2	Reflexion, Transmission, Absorption	199
3	Ultraschall	199
VII	Optik	200
1	Eigenschaften des Lichtes	200
2	Geometrische Optik	200
2.1	Reflexion des Lichtes	200
2.2	Brechungsgesetz	202
2.3	Optische Geräte	206
3	Wellenoptik	208
3.1	Interferenz	208
3.2	Beugung	209
4	Photometrie	210
4.1	Strahlungsphysikalische Größen	211
4.2	Lichttechnische Größen	212
5	Licht als Korpuskel	213
VIII	Anhang	215
A	Physikalische Größen und Einheiten	215
B	Zahlenwerte physikalischer Größen	216

Werkstoffkunde

I	Stoffe	217
1	Eigenschaften der Stoffe	217
2	Atombau und Periodensystem	217
3	Aufbau der festen Körper	220
4	Chemische Grundzusammenhänge	222
5	Elektrochemie	224
II	Elektrische Leitfähigkeit	225
1	Leitungsmechanismus	225
2	Isolator	226
3	Halbleiter	227
4	Normalleiter	227
5	Supraleiter	227
6	Halleffekt	228
III	Elektrische Leiter	230
1	Normalleiter	230
2	Halbleiter	230
3	Supraleiter	233
IV	Magnetische Leitfähigkeit	233
1	Modellvorstellung	233
2	Verhalten von Materie im Magnetfeld	233
3	Magnetisierung	235
4	Magnetisierungskurve	235
5	Permeabilität	236
V	Magnetika	230
1	Metalloxide (Ferrite)	238
2	Weichmagnetika	238
3	Hartmagnetika (Dauermagnete) (DIN 17410)	242
VI	Dielektrische Eigenschaften	230
1	Modellvorstellungen zur dielektrischen Polarisation	245
2	Dielektrische Materialeinteilung	246
3	Elektrische Materialeinteilung	246
VII	Dielektrika	248
1	Natürliche anorganische Dielektrika	248
2	Natürliche organische Dielektrika	249
3	Künstliche anorganische Dielektrika	249
4	Künstliche organische Dielektrika	249
5	Silikone	250
	Literaturhinweise	250

Grundlagen der Elektrotechnik

I	Grundbegriffe	253
1	Aufbau der Atome	253
2	Ladungsträger	253
3	Spannung	253

4	Strom	253
4.1	Bewegung von Ladungsträgern	253
4.2	Stromstärke	254
4.3	Stromdichte	254
5	Das Ohmsche Gesetz	254
6	Spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit	254
7	Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Metallen	255
II	Der Gleichstromkreis	256
1	Zählpeilsysteme	256
2	Kirchhoffsche Gesetze	256
2.1	Knotenregel	256
2.2	Maschenregel	256
3	Schaltung von Widerständen	257
3.1	Reihenschaltung	257
3.2	Parallelschaltung	257
3.3	Stern-Dreieck-Umwandlung	257
3.4	Meßbereichserweiterung	258
3.4.1	Voltmeter	258
3.4.2	Amperemeter	259
4	Ersatzspannungsquelle	259
4.1	Kombination von Spannungsquellen	259
4.1.1	Reihenschaltung	260
4.1.2	Parallelschaltung	260
5	Ersatzstromquelle	260
6	Netzwerkberechnung	260
6.1	Gemischte Schaltungen	261
6.2	Überlagerungsverfahren	261
6.3	Ersatzspannungsquelle	262
6.4	Nichtlineare Gleichstromkreise	262
7	Energie, Leistung, Wirkungsgrad	263
7.1	Leistungsanpassung	263
7.2	Leistungsverlust auf Leitungen	264
7.3	Wirkungsgrad	264
7.4	Umwandlung elektrischer Energie	264
7.4.1	Wärme	264
7.4.2	Mechanische Energie	264
III	Das Elektrische Feld	265
1	Grundgrößen	265
1.1	Kräfte zwischen Ladungen	265
1.2	Feldstärke	266
1.3	Feldlinien	266
1.4	Potential, Spannung	266
1.5	Äquipotentiallinien	267
1.6	Elektrischer Fluß	267
1.7	Energie geladener Teilchen im elektrischen Feld	267
2	Materie im elektrischen Feld	268
2.1	Leiter	268
2.2	Nichtleiter	268
3	Kondensatoren	268
3.1	Kapazität	269
3.1.1	Plattenkondensator	269
3.1.2	Spezielle Kondensatoren	269
3.2	Schaltungen mit Kondensatoren	270
3.2.1	Reihenschaltung	270
3.2.2	Parallelschaltung	270
3.2.3	Gemischte Schaltungen	271
3.3	Energie des elektrostatischen Feldes	271
3.4	Laden und Entladen eines Kondensators	272
3.5	RC-Reihenschaltung	273

IV	Das Magnetische Feld	274
1	Feldlinien	274
1.1	Dauermagnet	274
1.2	Stromdurchflossene Leiter	274
1.3	Stromdurchflossene Spule	274
1.4	Magnetfeld der Erde	275
2	Magnetische Grundgrößen	275
2.1	Feldstärke	275
2.2	Fluß, Flußdichte	278
3	Kräfte im Magnetfeld	279
3.1	Kräfte auf bewegliche Ladungsträger	279
3.2	Stromdurchflossener Leiter	279
3.3	Magnetisches Moment	280
3.4	Kräfte zwischen zwei parallelen Leitern	280
3.5	Hall-Effekt	281
4	Energie des Magnetfeldes	282
5	Materie im Magnetfeld	282
5.1	Diamagnetismus	283
5.2	Paramagnetismus	283
5.3	Ferromagnetismus	284
5.3.1	Magnetisierungskurve	284
5.3.2	Verlauf der Permeabilität	285
5.3.3	Temperaturabhängigkeit	285
5.3.4	Magnetostriktion	286
5.4	Antiferromagnetismus	286
5.5	Ferrimagnetismus	286
6	Magnetische Kreise	286
6.1	Magnetische Spannung	286
6.2	Magnetischer Widerstand	287
6.3	Unverzweigte Kreise	287
6.4	Verzweigte Kreise	288
IV	Das Magnetische Feld	289
1	Induktion bei Änderung der Fläche	289
2	Induktion bei Änderung des Magnetfeldes	291
3	Die Induktivität einer Spule	291
3.1	Selbstinduktion	291
3.2	Gegeninduktion	292
3.3	Energie im Magnetfeld einer Spule	293
3.4	Ein- und Ausschaltvorgänge	293
3.5	Zusammenschalten von Induktivitäten	294
VI	Wechselstrom	294
1	Grundbegriffe des Wechselstroms	294
1.1	Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung	294
1.2	Phasenverschiebung	295
1.3	Effektivwert	295
1.4	Darstellungsarten	296
1.4.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	296
1.4.2	Darstellung von Sinusgrößen in der komplexen Zahlenebene	296
2	Grundschaltelemente im Wechselstromkreis	297
2.1	Ohmscher Widerstand	297
2.2	Kapazität	297
2.3	Spule	297
3	Schaltungen von Wechselstromwiderständen	299
3.1	Reihenschaltung von Wechselstromwiderständen	299
3.1.1	Wirkwiderstand und Induktivität	299
3.1.2	Wirkwiderstand und Kapazität	300
3.1.3	Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität	301

3.2	Parallelschaltung von Wechselstromwiderständen	303
3.2.1	Wirkwiderstand und Induktivität	303
3.2.2	Wirkwiderstand und Kapazität	304
3.2.3	Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität	305
3.3	Gemischte Schaltungen	306
4	Passive Filter	307
4.1	Hochpaßschaltung mit RC - und RL -Glieder	307
4.2	Tiefpaßschaltung mit RC - und RL -Glieder	308
4.3	Bandpaßschaltung	309
5	Schwingkreise	309
5.1	Reihenresonanz	310
5.2	Parallelresonanz	310
6	Leistung und Arbeit im Wechselstromkreis	310
6.1	Leistung und Arbeit bei Phasengleichheit von Spannung und Strom	310
6.2	Leistung und Arbeit bei Phasenverschiebung von Spannung und Strom	311
6.3	Leistung in komplexer Schreibweise	312
6.4	Leistungsfaktor	312
VII	Drehstrom	313
1	Erzeugung von mehrphasigem Wechselstrom	313
2	Phasenverkettung	313
2.1	Sternschaltung	313
2.2	Dreieckschaltung	314
3	Leistung des Dreiphasenstroms	315
4	Das unsymmetrische Dreiphasensystem	315
4.1	Das unsymmetrische Dreileiternetz	315
4.2	Das unsymmetrische Vierleiternetz	316
Elektronik		
I	Leitungsmechanismen bei Halbleitern, pn-Übergang	319
1	Einführung in die Halbleiterphysik	319
2	Der pn-Übergang	321
II	Dioden	322
1	Kennlinien	322
2	Kenndaten und Grenzwerte	323
3	Kennzeichnung von Halbleiter-Bauelementen	326
4	Diodenarten	327
4.1	Kapazitätsdioden	328
4.2	Schalterdioden	329
4.3	Schottky-Dioden	330
4.4	Gleichrichter-Dioden	330
4.5	Z-Dioden	331
5	Anwendungsschaltungen	332
5.1	Begrenzerschaltungen	332
5.2	Gleichrichter	333
5.2.1	Einweggleichrichter (M1)	333
5.2.2	Mittelpunktschaltung (M2)	335
5.2.3	Brückengleichrichterschaltung (B2)	336
5.3	Spannungsvervielfacher	338
5.4	Diode als Konstantspannungsquelle (Z-Diode)	339
III	Mehrschichtdioden und -trioden	341
1	Vierschichtdioden	341
2	Thyristoren	342

3	Diac	345
4	Triac	346
5	Schutz der Dioden und Trioden	346
6	Zündmethoden	347
IV	Transistoren	349
1	Bipolare Transistoren	349
1.1	Transistoreffekt	349
1.2	Transistorkennlinien	350
1.3	Kenn- und Grenzwerte des Transistors	352
2	Feldeffekttransistoren (FET)	356
2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Sperrschicht-FET	356
2.2	Aufbau und Wirkungsweise des MOSFET	358
2.3	Kennlinien von FET	359
2.4	Kennwerte von FET	360
V	Besondere Halbleiter-Bauelemente	365
1	Unijunction-Transistor (Doppelbasisdiode)	365
2	Darlington-Transistor	366
3	VMOS-Transistoren	367
4	SIPMOS-Transistoren	368
5	IGBT	369
VI	Analoge Verstärker	371
1	Bipolarer Transistor als Verstärker	371
1.1	Grundsaltungen	373
1.2	Arbeitspunktstabilisierung	375
1.3	Emitterschaltungen	379
1.4	Kollektorschaltungen	381
1.5	Basisschaltung	382
2	Feldeffekt-Transistor als Verstärker	383
2.1	Arbeitspunkteinstellung und -stabilisierung	383
2.2	Grundsaltungen von FET	385
2.2.1	Sourceschaltung	386
2.2.2	Drainschaltung	388
2.2.3	Gateschaltung	389
2.3	Weitere Anwendungen	390
3	Mehrstufige Verstärker	392
VII	Endstufen	397
1	Betriebsarten	397
2	Schaltungen	397
VIII	Operationsverstärker	402
1	Einführung	402
2	Differenzverstärker	402
3	Grundlagen des OP	403
4	Operationsverstärker als Verstärker	406
4.1	Verstärker mit frequenzunabhängiger Gegenkopplung	406
4.2	Verstärker mit frequenzabhängiger Gegenkopplung	409
4.3	OP als Leistungsverstärker	411
4.4	Aktive Filterschaltungen	412
IX	Elektronische Schalter, Kippstufen	413
1	Transistor als Schalter	413
2	Kippschaltungen mit Transistoren	417
2.1	Bistabile Kippstufe	417
2.2	Monostabile Kippstufe	418
2.3	Astabile Kippstufe	419
2.4	Triggerschaltungen	419

3	Operationsverstärker als Schalter	420
4	Kippschaltungen mit Operationsverstärker	421
4.1	Triggerschaltungen mit Operationsverstärker	421
4.2	Astabile Kippstufe mit Operationsverstärker	422
4.3	Monostabile Kippstufe mit Operationsverstärker	423
4.4	Bistabile Kippstufe mit Operationsverstärker	423
5	Zeitgeber 555	424
6	Trigger TCA 345 A	425
X	Oszillatoren	425
1	Allgemeines	425
2	Sinusgeneratoren (RC-Oszillatoren)	426
3	Funktionsgeneratoren	428
XI	Schaltungstechniken	429
1	Integrierte Schaltungen	429
2	SMD-Technik	431
XII	Optoelektronik	433
1	Grundsätzliche Überlegungen	433
2	Optoelektronische Bauelemente	433
2.1	Fotowiderstand (LDR – light dependent resistor)	433
2.2	Fotodiode und Fotoelement	434
2.3	Fototransistoren	436
2.4	Lumineszenzioden und Flüssigkristalle	437
3	Anzeigeeinheiten	439
4	Signalübertragung mit Optokoppler	440
5	Faseroptische Übertragungsmittel	441
XIII	Analog-Digital-Wandler	441
1	Grundlagen	441
2	Spannungs-Frequenz-Wandler	442
3	Sägezahnverfahren	442
4	Dual-Slope-Verfahren	442
5	Flash-Wandler	443
6	Wandler nach dem Wägeverfahren	443
7	Integrierte Wandler	444
XIV	Digital-Analog-Wandler	444
1	Grundlagen	444
2	D/A-Wandler-Varianten	444
3	Integrierte Wandler	445
XV	Leistungselektronik	447
1	Gleichrichterschaltungen/Stromversorgung	447
2	Anwendungsschaltungen	453
3	Schaltnetzteile	455
4	Elektronische Schalter	457
5	Elektronische Steller	458

Technische Kommunikation

I	Grundlagen der zeichnerischen Darstellung	461
1	Zeichengeräte	461
2	Normen für Technische Zeichnungen	462

3	Darstellung und Bemaßung von Körpern	462
4	Normteile und Konstruktionselemente	476
5	Wichtige Normteile des Maschinenbaues	489
6	Nutzen der Normung	493
II	Schaltungsunterlagen	447
1	Schaltzeichen nach DIN	496
2	Elektrische Betriebsmittel	499
3	Schaltungsunterlagen der Energietechnik	502
4	Schaltungsunterlagen der Elektronik	506
4.1	Allgemeines	506
4.2	Schaltzeichen nach DIN 40900 Teil 12 Binäre Elemente	506
4.3	Entwurf von Schaltungen.	509
4.3.1	Verdrahtungsplan mit Universalplatinen	509
4.3.2	Entwurf und Herstellung gedruckter Schaltungen.	509
5	Projektierung	510
III	Schaltungssynthese und -analyse	511
1	Beispiele aus der Elektrotechnik	511
2	Beispiele aus der Elektronik.	511
IV	CAD-Technik.	514
1	Allgemeines	514
2	Hardware und Software	514
3	Erstellen von Schaltplänen	514
4	Erstellen von Layouts	514
5	Anwendungen in der Elektronik	517
6	Auswahl von CAD-Systemen	517

Datentechnik

I	Digitaltechnik	521
1	Grundbegriffe der Digitaltechnik	521
2	Logische Grundsaltungen	522
2.1	Grundverknüpfungen.	522
2.1.1	NICHT-Verknüpfung	522
2.1.2	UND-Verknüpfung	522
2.1.3	ODER-Verknüpfung	523
2.2	Realisierungsmöglichkeiten logischer Verknüpfungen.	523
3	Schaltalgebra	525
3.1	Allgemeines	525
3.2	Normalform einer binären Funktion	525
3.2.1	Disjunktive Normalform.	525
3.2.2	Konjunktive Normalform	526
3.2.3	Umwandeln der Gleichung in Schaltzeichen	526
3.2.4	Schaltungsminimierung mit Hilfe der Schaltalgebra	526
3.2.5	Umsetzung in NAND- oder NOR-Technik	526
3.2.6	KV-Tabelle	529
3.2.7	Analyse logischer Schaltungen.	529
3.2.8	Synthese logischer Schaltungen	530
4	Zahlensysteme in der Digital- und Datenverarbeitung	532
4.1	Dualsystem	532
4.1.1	Bildung der Dualzahlen und Umwandlung in Dezimalzahlen	532
4.1.2	Umwandlung dezimal nach dual	532
4.2	Hexadezimalsystem	534

4.3	Rechnen mit Dualzahlen	534
4.4	Zahlen in Rechenanlagen	534
4.4.1	Darstellung von Zahlen	534
4.4.2	Einer- und Zweierkomplement	536
4.4.3	Subtraktion mit Hilfe des Komplements	536
5	Codes	537
5.1	Allgemeines	537
5.2	Binär-Code	537
5.3	BCD-Code	537
5.3.1	BCD-Dual-Code	537
5.3.2	3-Excess-Code	537
5.3.3	Aiken-Code	538
5.4	Gray-Code	538
5.5	Codierung alphanumerischer Zeichen	539
5.6	Fehlererkennung und Redundanz	540
5.6.1	Einfache Prüfung auf Parität	540
5.6.2	Kreuzsicherungsprüfung	541
5.6.3	Hamming-Code	541
6	Digitale Grundschaltungen	542
6.1	Allgemeines	542
6.2	Schaltnetze	542
6.2.1	Rechenetze	542
6.2.1.1	Halbaddierer	542
6.2.1.2	Volladdierer	542
6.2.1.3	Serieller n-Bit-Addierer	543
6.2.1.4	Paralleler n-Bit-Addierer	544
6.2.1.5	Subtrahierer	544
6.2.1.6	Addierer für BCD-Dualzahlen	545
6.2.2	Komparatoren	545
6.2.2.1	Einfacher Komparator	545
6.2.2.2	Komparator mit Größer- und Kleiner-Vergleich	546
6.2.3	Codewandler und Decoder	547
6.2.3.1	Codewandler	547
6.2.3.2	1-aus-n-Decoder	548
6.2.4	Multiplexer und Demultiplexer	548
6.2.4.1	Multiplexer	549
6.2.4.2	Demultiplexer	550
6.3	Schaltwerke	550
6.3.1	Speicherbausteine	550
6.3.1.1	Allgemeines Flipflop	550
6.3.1.2	RS-Flipflop	551
6.3.1.3	Flipflops mit dominierenden Eingängen	551
6.3.1.4	D-Flipflop	551
6.3.1.5	JK-Flipflop	552
6.3.1.6	Master-Slave-JK-Flipflop	552
6.3.1.7	T-Flipflop	553
6.3.2	Grundschaltungen aus Speicherbausteinen	553
6.3.2.1	Register	553
6.3.2.2	Schieberegister	554
6.3.2.3	Frequenzteiler	555
6.3.2.4	Zähler	556
6.3.2.4.1	Asynchroner Zähler	556
6.3.2.4.2	Asynchroner BCD-Vorwärtszähler	558
6.3.2.4.3	Synchroner Dual-Vorwärts-1-Zähler	559
6.3.2.4.4	Zähler für mehrere Decaden	559
6.4	Sonderschaltungen	560
6.4.1	Monoflops	560
6.4.2	Astabile Kippstufen	561
II	Integrierte Schaltkreise der Digitaltechnik	562
1	Allgemeines	562
2	Umgang mit integrierten Schaltungen	563
3	Daten und Begriffe der Logikschaltungen	563
3.1	Grenz- und Kenndaten	563
3.2	Pegel	563

3.3	Störsicherheit	564
3.4	Lasteinheit.	564
3.5	Temperaturbereich	564
3.6	Gatterlaufzeit	565
3.7	Verlustleistung.	565
4	TTL-Familie.	566
4.1	Eigenschaften und Kenndaten	566
4.2	Standard-TTL	566
4.3	Schaltungen mit 3-state	569
4.4	Schotky-TTL und Low-Power-Schotky	570
5	Emittergekoppelte Logik.	570
6	Integrierte MOS-Schaltungen.	570
6.1	NMOS- und PMOS-Technik	571
6.2	CMOS.	571
6.2.1	14000-Serie.	571
6.2.2	CMOS-Schalter	573
6.2.3	High-Speed-CMOS	574
6.2.4	BICMOS	574
7	Interfaceschaltungen	575
8	Anwendungsspezifische integrierte Schaltungen	575
8.1	Allgemeines	575
8.2	Kundenspezifische IC's	576
8.3	Programmierbare Logikbausteine.	577
8.3.1	PROM	577
8.3.2	PAL	577
8.3.3	GAL	581
8.3.4	pLSI, ispLSI	584
9	Gehäuse	587
III	Mikrocomputertechnik	588
1	Komponenten eines Mikrocomputers	588
2	Mikroprozessoren	588
2.1	Allgemeines	588
2.2	Architektur	588
2.3	Übersicht gängiger Mikroprozessoren	590
2.4	8-Bit-Mikroprozessoren	590
2.4.1	8085-CPU	590
2.4.2	Beispiel Z80 CPU	598
2.5	16-Bit-Prozessoren.	601
2.5.1	8086/80286	601
2.5.2	Adressenbildung	603
3	Halbleiterspeicher	604
3.1	Allgemeines	604
3.2	Kenndaten und Technologie	604
3.3	Bedeutung der Anschlüsse	605
3.4	Organisation und Aufbau.	605
3.4.1	Bitorganisierter und wortorganisierter Speicher.	606
3.4.2	Speicher mit Adressenzwischenspeicher	606
3.5	Zeitverhalten.	607
3.6	Speichertypen	608
3.6.1	Festwertspeicher	608
3.6.1.1	Masken-ROM.	609
3.6.1.2	PROM	609
3.6.1.3	EPROM	609
3.6.1.4	EEPROM	611
3.6.1.5	Flash-EPROM	612
3.6.2	Schreib-Lesespeicher	613
3.6.2.1	SRAM	613
3.6.2.2	NVRAM	614
3.6.2.3	DRAM	615
3.6.2.4	PSRAM.	616
3.7	Speichererweiterung	616
3.8	Zentralspeicher	617

4	Peripheriebausteine	618
4.1	Allgemeines	618
4.2	BUS-Treiber	618
4.3	Einfache E-/A-Bausteine für den parallelen Betrieb	618
4.4	Programmierbare Schnittstellen- bausteine	620
4.5	Zeitgeberbausteine	625
4.6	Programmierbarer E/A-Baustein mit Speicher und Zeitgeber	627
4.7	Eingabe-Ausgabe-Bausteine für den seriellen Betrieb	629
4.7.1	Allgemeines	629
4.7.2	USART	632
4.8	Bausteine mit Sonderfunktionen	635
5	Mikrocontroller	636
5.1	Allgemeines	636
5.2	8-Bit-Mikrocontroller	637
5.2.1	Funktionsbeschreibung des MC 8051	637
5.2.2	Ein-/Ausgabeeinheit	640
5.2.3	RESET-Schaltung	640
5.2.4	Taktgenerator	640
5.2.5	Stromaufnahme	640
5.2.6	TIMER	641
5.2.7	Unterbrechungssystem	642
5.2.8	Speicher	643
5.2.9	Serielle Schnittstelle	644
5.3	16-Bit-Mikrocontroller	645
6	Maschinensprache	647
6.1	Allgemeines	647
6.2	Maschinencode	647
6.3	Befehlsaufbau	648
6.4	Befehlsdarstellung	648
6.5	Befehle	648
6.5.1	Befehlsfunktionen	648
6.5.2	Adressierungsarten	652
6.6	Befehlszyklus und Befehlszeiten	653
6.6.1	Befehlszyklus	653
6.6.2	Befehlszeiten	655
7	Befehlsvorrat	655
8	Hinweise zur Programmierung und Progammbeispiele	658
IV	Computertechnik	659
1	Komponenten eines Computers	659
2	Massenspeicher	659
2.1	Magnetplatten	659
2.1.1	Diskette und Diskettenlaufwerk	659
2.1.2	Festplatte und Festplattenlaufwerk	663
2.1.3	Magnetbandgeräte	664
2.2	CD-ROM- und CD-Laufwerk	664
3	Eingabegeräte	665
3.1	Tastatur	665
3.2	Maus	666
4	Ausgabegeräte	666
4.1	Datensichtgeräte	666
4.1.1	Monitor	666
4.1.2	LCD-Bildschirm	669
4.2	Drucker	669
4.2.1	Typendrucker	669
4.2.2	Matrixdrucker	669
4.2.3	Tintenstrahlrucker	669
4.2.4	Laserdrucker	669
V	Programmiertechnik	670
1	Programmiersprachen	670
1.1	Assembler	670
1.2	ADA	670

1.3	ALGOL	671
1.4	BASIC	671
1.5	C	671
1.6	FORTRAN	671
1.7	PASCAL	671
1.8	PL/M	671
2	Grundlagen der Programmierung	672
2.1	Interpreter	672
2.2	Compiler	672
2.3	Editor	672
2.4	Integrierte Entwicklungsumgebung	672
2.5	Methoden der Programmentwicklung	673
2.6	Problembeschreibung	673
2.7	Top-Down-Methode	673
2.8	Bottom-Up-Methode	673
2.9	Bewertung der Methoden	673
2.10	Programm-Test	674
VI	Datenkommunikation	674
1	Einführung	674
2	Grundlagen	675
2.1	Verkehrsarten	675
2.2	Vermittlungsprinzipien	676
2.3	Vermittlungseinrichtungen	676
2.4	Klassifizierung von Netzen	677
2.5	Standardisierung	677
2.5.1	Standardisierungsgremien	678
3	Lokale Netze	680
3.1	Ethernet (CSMA/CD)	680
3.2	Token-Ring	682
3.3	ISDN	684
3.4	Breitband-ISDN (ATM-Technik)	685
	Literatur	688

Automatisierungstechnik

I	Steuerungstechnik	689
1	Aufbau einer Steuerung	689
1.1	Steuerungsarten	689
1.2	Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS)	689
1.3	Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)	689
2	Aufbau einer speicher-programmierbaren Steuerung	689
2.1	Eingabeeinheit einer SPS	689
2.2	Verarbeitungseinheit einer SPS	689
2.3	Ausgabeeinheit einer SPS	690
2.4	Programmspeicher	690
2.5	Arten von Programmspeichern	690
3	Programmierung	690
3.1	Lineare Programmierung	690
3.2	Strukturierte Programmierung	691
4	Begriffe aus der Informationsverarbeitung	691
5	Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit von SPS	691
6	Sicherheitsbetrachtungen für SPS (DIN VDE 0113/DIN VDE 0160)	692
6.1	Allgemeine Sicherheitsregeln in der Steuerungstechnik	692
6.2	Besondere Sicherheitsanforderungen an die Steuerung einer elektrischen Anlage und an die speicherprogrammierte Steuerung	692
6.3	NOT-AUS-Einrichtung	692
6.4	Verhalten der elektronischen Anlage bei Erdschluß	693
6.5	Verriegelung der elektrischen Anlage zu Schutzzwecken	693
6.6	Schutzmaßnahmen gegen selbsttätigen Wiederanlauf von Steuerungen	693

7	Genereller Aufbau eines Bedienfeldes	693
8	Programmierungsarten DIN 19239	694
8.1	Funktionsplan	694
8.2	Anweisungsliste (AWL)	694
8.3	Kontaktplan (KOP)	694
9	Realisierung der logischen Grundverknüpfungen mit SPS	694
9.1	UND- Verknüpfung	695
9.2	ODER-Verknüpfung	695
9.3	NICHT-Verknüpfung	695
9.4	NAND-Verknüpfung	696
9.5	NOR-Verknüpfung	696
10	Behandlung von Schließern und Öffnern	696
10.1	Programmieren von Schließern und Öffnern	696
10.2	Meldung von Betriebszuständen und programmtechnische Auswertung	697
10.3	Drahtbruch- und Erdschlußerkennung	697
11	Komplexe Verknüpfungen	697
11.1	UND- vor ODER-Schaltung	697
11.2	ODER- vor UND-Schaltung	697
11.3	Merker	698
12	Speicherfunktionen	699
12.1	RS-Speicherschaltung mit dominanter Rücksetzfunktion	699
12.2	RS-Speicherschaltung mit dominanter Setzfunktion	700
12.3	Wischimpulse	700
13	Zeitfunktionen	701
13.1	Zeiteinstellung allgemein	701
13.2	Impuls SI	701
13.3	Verlängerter Impuls SV	702
13.4	Einschaltverzögerung SE	702
13.5	Speichernde Einschaltverzögerung SS	702
13.6	Ausschaltverzögerung SA	703
14	Zähler	703
14.1	Zähler im Automatisierungsprozeß	703
14.2	Erläuterungen zu den Zählereingängen	703
14.3	Erläuterungen zu den Zählerausgängen	704
14.4	Realisierung eines Zählers mit einer SPS	704
15	Vergleicher	704
15.1	Allgemeine Funktion von Vergleichen	704
16	Ablaufsteuerungen	705
16.1	Vorteile von Ablaufsteuerungen	705
16.2	Unterscheidung der Arten von Steuerungen	705
16.3	Wirkungsweise und Struktur der Schrittkette einer Ablaufsteuerung	705
16.4	Verzweigte Ablaufsteuerungen	708
16.5	Umgestaltung verbindungsprogrammierter Steuerungen in speicherprogrammierte Steuerungen SPS	708
II	Regelungstechnik	710
1	Regelungsarten	711
1.1	Folgeregelung	711
1.2	Zeitplanregelung	711
1.3	Festwertregelung	711
1.4	Kaskadenregelung	711
1.5	Verhältnisregelung	711
2	Regelstrecken	711
2.1	Regelstrecken mit Ausgleich	712
2.2	Regelstrecken 1. Ordnung	712
2.3	Frequenzgang des PT_1 -Gliedes	712
2.4	Regelstrecken 2. Ordnung	713
2.5	Frequenzgang des PT_2 -Gliedes	714
2.6	Regelstrecken mit Totzeiten (T_1 -Glied)	714
2.7	Regelstrecken ohne Ausgleich	715

3	Reglerarten	715
4	P-Regler	715
4.1	Proportionalbereich des P-Reglers	716
4.2	Bode-Diagramm eines P-Reglers	716
5	P-Regler in invertierender Schaltung mit Stromvergleichsstelle	716
5.1	Beispiel zum Addierer	717
6	I-Regler	717
6.1	Bode-Diagramm des I-Reglers	718
6.2	Beispiele zum I-Regler	719
7	PI-Regler	720
7.1	Bode-Diagramm des PI-Reglers	721
7.2	Beispiel zum PI-Regler	722
8	D-Regler oder D-Glied	723
8.1	Bode-Diagramm des D-Gliedes	724
8.2	Beispiele zum D-Glied	724
9	PD-Regler	725
9.1	Bode-Diagramm des PD-Reglers	726
9.2	Beispiel zum PD-Regler	728
10	PID-Regler	728
10.1	Bode-Diagramm des PID-Reglers	729
10.2	Beispiel zum PIDT-Regler	730
11	Zweipunktregler	730
11.1	Mechanischer Zweipunktregler	730
11.2	Elektronische Zweipunktregler	730
12	Dreipunkt-Regler	730
13	Auswahl von Reglern für vorgegebene Strecken	731
14	Optimale Einstellung eines Reglers nach Ziegler/Nichols	732
15	Optimale Einstellung eines Reglers aus den dynamischen Kenngrößen der Regelstrecke	732
16	Einstellgrößen von Reglern	733
17	Kombination von Steuern und Regeln	733
17.1	Störgrößenaufschaltung	733
18	Momentaufnahme der modernen Regelungstechnik	733
18.1	Digitale Regelungstechnik	733
18.2	Prozeßregelung	733

Meßtechnik

I	Grundlagen und Grundbegriffe der Meßtechnik	735
1	Begriffe	735
2	Einheiten	735
3	Meßabweichung, Meßfehler	736
3.1	Systematische Abweichungen	736
3.2	Zufällige Abweichungen	736
3.3	Arithmetischer Mittelwert, Erwartungswert	737
3.4	Standardabweichung	737
4	Abweichungsfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung	738
5	Fehlerangaben von Meßgeräten	739
5.1	Analog anzeigende Meßgeräte	739
5.2	Digital anzeigende Meßgeräte	739
6	Arithmetischer Mittelwert und Effektivwert von Wechselgrößen	739
7	Häufigkeitsverteilung, Vertrauensbereich	739
8	Bearbeitung und Auswertung von Meßwerten	740

II	Analog anzeigende Meßgeräte	741
1	Grundlagen	741
2	Drehspul-Meßwerk	741
3	Dreheisen-Meßwerk	742
4	Elektrodynamisches Meßwerk	743
5	Symbole und Instrumentenbeschriftungen	744
III	Oszilloskop	744
1	Aufbau eines Standard-Oszilloskopes	744
1.1	Oszilloskopröhre	744
1.2	Y-Ablenkung	745
1.3	X-Ablenkung	746
1.4	Netzteil	746
2	Oszilloskope mit speziellen Eigenschaften	747
2.1	Zwei- oder Mehrkanal-Oszilloskope	747
2.2	Speicheroszilloskope	747
2.3	Oszilloskope mit Differenzverstärker-Eingang	748
2.4	Sampling-Oszilloskope	748
2.5	Zusatzeinrichtungen bei Oszilloskopen	748
IV	Schreibende Meßgeräte	750
1	Y-t-Schreiber	750
2	X-Y-Schreiber	751
3	Auslenkung des Schreibstiftes	751
V	Digital anzeigende Meßgeräte	751
1	Digitalvoltmeter	751
2	Digitalmultimeter	752
3	Messung von Kapazitäten, Frequenzen und Stromverstärkungen	753
4	Messung von Temperaturen	753
VI	Meßverfahren zur Messung elektrischer Größen	754
1	Messung von Gleichspannungen	754
1.1	Analog anzeigende Spannungsmessgeräte	754
1.2	Digital anzeigende Spannungsmessgeräte	754
1.3	Meßabweichung durch den Innenwiderstand des Spannungsmessers	754
1.4	Spannungsmessung mit dem Kompensator	755
2	Messung von Gleichströmen	755
2.1	Analog anzeigende Strommeßgeräte	755
2.2	Digital anzeigende Strommeßgeräte	755
2.3	Meßabweichung durch den Innenwiderstand des Strommessers	756
3	Meßbereichserweiterung	756
3.1	Spannungsmessung	756
3.2	Strommessung	756
4	Messung von Wechselspannungen	756
4.1	Analog anzeigende Wechselspannungsmessgeräte	756
4.1.1	Spannungsmesser mit Dreheisenmeßwerk	756
4.1.2	Spannungsmesser mit Drehspulmeßwerk	757
4.1.3	Spannungsmesser mit Thermomoumformermeßwerk	757
4.2	Digital anzeigende Wechselspannungsmessgeräte	757
5	Messung von Wechselströmen	758
5.1	Analog anzeigende Wechselstrommeßgeräte	758
5.2	Digital anzeigende Wechselstrommeßgeräte	758
6	Widerstands- und Impedanzmessung	758
6.1	Gleichstrom-Meßbrücken zur Widerstandsmessung	758
6.1.1	Grundlagen	758
6.1.2	Wheatstone-Meßbrücke im Abgleichverfahren	759

6.1.3	Thomson-Meßbrücke im Abgleichverfahren	759
6.1.4	Wheatstone-Meßbrücke im Ausschlagverfahren	760
6.1.5	Wheatstone-Meßbrücke im Ausschlagverfahren mit Widerstand in der Brücken- diagonalen	761
6.2	Wechselstrom-Meßbrücken zur Widerstands- und Impedanzmessung	761
6.2.1	Messung von ohmschen Widerständen	761
6.2.2	Messung von Impedanzen	762
6.3	Vergleich mit bekanntem Widerstand – Spannungsvergleich	762
6.4	Messung von Strom und Spannung	763
6.5	Widerstandsmessung mit analogen Multimetern	763
7	Leistungsmessung.	764
7.1	Wirkleistungsmessung	764
7.1.1	Wirkleistungsmessung bei Wechselstrom	764
7.1.2	Wirkleistungsmessung in Drehstromsystemen	765
7.1.3	Symmetrisch belastetes Drehstromsystem	765
7.1.4	Beliebig belastetes Dreileiter-Drehstromsystem	765
7.1.5	Beliebig belastetes Vierleiter-Drehstromsystem	766
7.2	Blindleistungsmessung	767
7.2.1	Blindleistungsmessung bei Wechselstrom	767
7.2.2	Blindleistungsmessung in symmetrisch belasteten Dreileiter-Drehstromsystemen	767
7.2.3	Blindleistungsmessung in beliebig belasteten Vierleiter-Drehstromsystemen	767
7.3	Scheinleistungsmessung	768
7.4	Meßbereichserweiterung bei der Leistungsmessung	768
7.5	Leistungsfaktormessung	768
8	Messung der Arbeit.	768
9	Messung von L, C, Gütefaktor und Verlustfaktor	769
9.1	Messung von $ Z_L $ oder $ Z_C $	770
9.2	Messung von Z_L , Z_C , Gütefaktor und Verlustfaktor	770
10	Messung magnetischer Größen	771
10.1	Magnetischer Fluß	771
10.2	Magnetische Flußdichte	772
10.3	Magnetische Feldstärke	772
10.4	Permeabilität	772
VII	Meßverfahren zur Messung nichtelektrischer Größen.	773
1	Meßaufnehmer	774
1.1	Ohmsche Aufnehmer	775
1.2	Kapazitive Aufnehmer	775
1.3	Induktive Aufnehmer	776
1.4	Optische Aufnehmer	777
1.4.1	Fotodiode	777
1.4.2	Fotovervielfacher	777
1.5	Ladungsliefernde Aufnehmer	778
1.6	Thermische Aufnehmer	779
1.6.1	Thermoelemente	779
1.7	Chemische Aufnehmer	780
1.7.1	pH-Wert-Meßeinrichtung mit Glaselektrode	780
1.7.2	Aufnehmer zur Messung der Sauerstoffkonzentration	781
1.8	Aufnehmer zur Messung von Gaskonzentrationen allgemein	781
2	Meßverfahren	782
2.1	Kraftmessung mit Dehnungsmeißstreifen (DMS)	783
2.2	Füllstandsmessung und Messung der Foliendicke	786
2.3	Drehzahlmessung	786
2.4	Durchflußmessung	787
2.5	Zeit- und Frequenzmessung	789
2.6	Weg- und Winkelmessung	790
2.7	Beschleunigungsmessung	791
VIII	Meßdatenaufbereitung.	794
1	Verringerung der Störeinflüsse von außen	794
2	Meßverstärker	795

IX	Bussysteme für die Meßtechnik	797
1	Grundbegriffe	797
2	IEC-Bus	798
3	DIN-Meßbus	800
4	Aktuator-Sensor-Interface (ASI)	800
X	Probleme bei der Digitalisierung analoger Meßwerte	802
1	Fehler bei der Digitalisierung	802
2	Signal-Quantisierungs-Geräuschabstand	803
3	Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses	804
4	Abtast-Halte-Glied	804
5	Aliasing	804
6	Erfassung von Momentanwerten	804
XI	PC-gestützte Meßverfahren und Meßsignalanalyse	805
1	Statistische Verfahren zur Meßsignalauswertung	805
2	Graphische Darstellung	805
3	Ermittlung von Kenngrößen, Klassierung	806
4	Meßsignalanalyse	806
4.1	Verfahren	807
4.2	Anwendungen	807
4.2.1	Messung des Klimfaktors	807
4.2.2	Geräuschmessung zur Schadenfrüherkennung	807
4.2.3	Abstandsmessung	807
4.2.4	Erkennung periodischer Signaleanteile	807
5	Automatisierung von Meßabläufen	807
	Literaturverzeichnis	808
	Literatur allgemein:	808
	Spezielle Literatur:	808

Energietechnik

I	Elektrische Maschinen	809
1	Transformatoren	809
1.1	Aufgaben eines Transformators	809
1.2	Bauteile eines Transformators	809
1.2.1	Eisenkerne	809
1.2.2	Wicklungen	809
1.2.3	Kühlung	810
1.3	Wirkungsweise eines Einphasen-Transformators	810
1.3.1	Leerlauf	810
1.3.2	Belastung	811
1.3.3	Leerlaufversuch	812
1.3.4	Kurzschlußversuch	813
1.3.5	Wirkungsgrad	814
1.4	Aufbau und Schaltung von Drehstrom-Transformatoren	815
1.4.1	Wirkungsweise	815
1.4.2	Schaltgruppen	816
1.4.3	Unsymmetrische Belastungen	816
1.5	Parallelschalten von Transformatoren	816
1.6	Transformatorschutz	817
1.7	Überlastung von Transformatoren	817
1.8	Aufstellen von Transformatoren	817
1.9	Sondertransformatoren	818
1.9.1	Spartransformatoren	818
1.9.2	Drosselspulen	818
1.9.3	Streueldtransformatoren	819

1.10	Meßwandler	819
1.10.1	Spannungswandler	819
1.10.2	Stromwandler	820
2	Drehstrommaschinen.	820
2.1	Die Drehstromasynchronmaschine	821
2.1.1	Wirkungsweise der Asynchronmaschine	821
2.1.2	Betriebsverhalten der Asynchronmaschine	821
2.1.2.1	Spannungsgleichung, Ersatzschaltbild	822
2.1.2.2	Leistungsfluß	822
2.1.2.3	Betriebskennlinien	823
2.1.3	Kurzschlußläufer	823
2.1.3.1	Anlaßverfahren	824
2.1.3.2	Bremsverfahren	825
2.1.3.3	Drehzahlsteuerung	826
2.1.3.4	Ständerspannungsänderung	826
2.1.3.5	Frequenzänderung	826
2.1.3.6	Polumschaltung	828
2.1.4	Der Schleifringläufer	828
2.1.4.1	Anlaßverfahren	828
2.1.4.2	Bremsverfahren	829
2.1.4.3	Drehzahlsteuerung	829
2.2	Linearmotor	830
2.2.1	Aufbau des Linearmotors	830
2.3	Drehstromsynchronmaschinen	830
2.3.1	Wirkungsweise der Synchronmaschine	831
2.3.2	Spannungsgleichung der Synchronmaschine	832
2.3.3	Anlauf und Synchronisation	832
3	Einphasen-Asynchronmotoren	833
3.1	Einsträngiger Motor	833
3.2	Zweistängiger Motor	833
3.3	Kondensatormotor	833
3.4	Spaltpolmotor	834
4	Drehstrommotor im Einphasenbetrieb.	834
5	Sonderbauformen.	835
5.1	Schrittmotor	835
5.2	Servomotor	835
5.2.1	Scheibenläufermotor	836
5.2.2	Stabankermotoren	836
6	Gleichstrommaschinen.	836
6.1	Aufbau und Wirkungsweise	837
6.1.1	Ankerrückwirkungen	837
6.2	Betriebsverhalten von Gleichstrommaschinen	838
6.2.1	Nebenschlußmotor	838
6.2.2	Reihenschlußmotor	840
6.2.3	Doppelschlußmotor	842
6.3	Betriebsverhalten von Gleichstromgeneratoren	842
6.3.1	Fremderregter Generator	843
6.3.2	Nebenschlußgenerator	843
6.3.3	Reihenschlußgenerator	843
6.3.4	Doppelschlußgenerator	844
6.4	Gleichstrommaschine am Wechsel- oder Drehstromnetz	844
6.4.1	Wechselstrombrücken	844
6.4.1.1	Einquadrantenantrieb (1-Q-Betrieb)	844
6.4.1.2	Zweiquadrantenantrieb (2-Q-Betrieb)	845
6.4.1.3	Vierquadrantenantrieb (4-Q-Betrieb)	845
6.4.2	Drehstrombrücken	846
6.4.2.1	Zweiquadrantenbetrieb (2-Q-Betrieb)	846
6.4.2.2	Vierquadrantenbetrieb (4-Q-Betrieb)	846
6.5	Universalmotor	846
7	Auswahl von Motoren	847
7.1	Auswahl unter Berücksichtigung der Normen	847
7.1.1	Bauform und Baugrößen	847
7.1.2	Schutzart	847
7.1.3	Kühlart	850

7.1.4	Isolierstoffklassen	850
7.1.5	Motorschutz	850
7.1.5.1	Thermischer Auslöser	851
7.1.5.2	Thermistor-Motorvollschutz	852
7.1.6	Abstimmung des Motors auf die Arbeitsmaschine	852
7.1.6.1	Wartung von Maschinen	853
7.1.7	Störungsbeseitigung	854
7.1.8	Anschlußkennzeichnungen von Maschinen	856

II	Elektrische Anlagen	857
1	Struktur der Elektrizitätswirtschaft	857
2	Elektrische Energieerzeugung	857
2.1	Energiebedarf	858
2.2	Energiereserven	859
2.3	Wärme- und Wasserkraftwerke	859
2.3.1	Konventionelle Dampfkraftwerke	860
2.3.2	Kombikraftwerke	860
2.3.3	Kernkraftwerke	860
2.3.3.1	Druckwasserreaktor	861
2.3.3.2	Siedewasserreaktor	861
2.3.3.3	Hochtemperaturreaktor	861
2.3.4	Umweltschutz	862
2.4	Wasserkraftwerke	863
2.5	Windkraftwerke	864
2.6	Solarkraftwerke	864
2.6.1	Sonnenwärmekraftwerke	864
2.6.2	Photovoltaische Kraftwerke	865
2.6.3	Solar-Wasserstoff-Anlage	865
2.7	Sonstige Kraftwerke	865
2.7.1	Biomasse	865
2.7.2	Brennstoffzellen	865
2.7.3	Fusionsreaktor	866
3	Elektrische Energieverteilung	866
3.1.1	Gleichstromnetz	867
3.1.2	Wechselstromnetz	867
3.1.3	Drehstromnetz	867
3.2	Netzstrukturen	868
3.2.1	Strahlennetz	868
3.2.2	Ringnetz	869
3.2.3	Maschennetz	869
3.2.4	Verbundnetz	869
4	Betriebsmittel der Energietechnik	870
4.1	Bestimmung und Auswahl	870
4.2	Kabel, Leitungen und Schienen	870
4.2.1	Freileitungen	870
4.2.2	Kabel	871
4.2.2.1	Leiterwerkstoffe	871
4.2.2.2	Leiterisolierung	872
4.2.2.3	Aufbau	872
4.2.2.4	Erwärmung	872
4.2.2.5	Verlegung	874
4.2.2.6	Verlegung in Erde	874
4.2.2.7	Verlegung in Luft	874
4.2.2.8	Überstromschutz	878
4.2.3	Leitungen	880
4.2.3.1	Spannungsfall auf Kabeln und Leitungen	883
4.2.3.2	Verlegung von Kabeln und Leitungen	884
4.2.3.3	Ersatzschaltung von Kabeln und Leitungen	884
4.2.4	Sammelschienen	884
4.2.4.1	Längenausdehnung von Stromschienen	886
4.2.4.2	Kurzschlußfestigkeit	887
4.2.4.3	Mechanische Kurzschlußfestigkeit	887
4.2.4.4	Thermische Kurzschlußfestigkeit	888
4.3	Schaltanlagen	888
4.3.1	Hochspannungsschaltanlagen	889
4.3.2	Mittelspannungsschaltanlagen	889
4.3.2.1	Bauart von Mittelspannungsschaltanlagen	889

4.3.2.2	Störlichtbogenfestigkeit	890
4.3.2.3	Schaltgeräte	891
4.3.2.4	Schutzgeräte	894
4.3.3	Anlagenräume	894
4.3.4	Niederspannungsschaltanlagen	895
4.3.4.1	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	896
5	Schutzmaßnahmen	898
5.1	Wirkung des Stroms	899
5.2	Schutz gegen direktes Berühren	899
5.3	Schutz gegen indirektes Berühren	899
5.3.1	Schutzisolierung	900
5.3.2	Schutztrennung	900
5.3.3	Schutz durch nichtleitende Räume	901
5.3.4	Schutzkleinspannung	901
5.3.5	Funktionskleinspannung	902
5.3.6	Schutz durch Abschalten und Melden	902
5.3.6.1	Überstromschutzeinrichtung	903
5.3.6.2	FI-Schutzeinrichtung	904
5.3.6.3	Isolationsüberwachung	904
5.3.6.4	Zusätzlicher Potentialausgleich	904
6	Arbeiten an elektrischen Anlagen	905
7	Überprüfung der Schutzmaßnahme	906
8	Kurzschlußberechnung (VDE 0102)	907
III	Elektrische Energieanwendung	909
1	Kompensationsanlagen	909
2	Beleuchtungsanlagen	911
2.1	Grundgrößen der Lichttechnik	911
2.2	Lichtquellen	912
2.3	Glühlampen	913
2.4	Leuchtstofflampen	913
2.5	Entladungslampen	913
2.6	Leuchten	913
2.7	Berechnung von Beleuchtungsanlagen	914

Nachrichtentechnik

I	Grundlagen der Nachrichtenübertragung	917
1	Prinzip der elektrischen Nachrichtenübertragung	917
2	Aufgaben der Nachrichtentechnik	919
3	Grundbegriffe	919
4	Nachricht, Information und Signal	919
4.1	Informationsgehalt	919
4.2	Signale in der Nachrichtentechnik	919
4.3	Entropie	920
4.4	Redundanz	920
4.5	Informationsfluß	921
4.6	Kanalkapazität, Dynamik	921
4.7	Nachrichtenquader	921
4.8	Signale im Zeitbereich: Analog, digital, kontinuierlich, diskret	922
4.9	Signale im Frequenzbereich	922
4.9.1	Periodische sinusförmige Signale	923
4.9.2	Periodische nichtsinusförmige Signale	923
4.9.3	Nichtperiodische Signale	923
4.10	Abtasttheorem von Shannon	926
4.11	Zufällige (stochastische) Signale	927
4.11.1	Rauschen	927
4.11.2	Kenngrößen von stochastischen Signalen	928
4.11.3	Anwendungen der Kenngrößen von stochastischen Signalen	929
4.12	Verzerrungen	929
4.12.1	Lineare Verzerrungen	930
4.12.2	Nichtlineare Verzerrungen	930
4.12.3	Klirrfaktor	931

5	Kenngrößen der Übertragungsstrecke	931
5.1	Dämpfungsfaktor	931
5.2	Übertragungsfaktor	931
5.3	Dämpfungsmaß	932
5.4	Übertragungsmaß, Verstärkungsmaß	932
5.5	Pegel	932
5.5.1	Absoluter Pegel	932
5.5.2	Relativer Pegel	932
5.5.3	Dämpfungsmaß, Übertragungsmaß	933
5.5.4	Pegeldiagramm	933
II	Vierpole, Zweitore	934
1	Vierpol allgemein	934
1.1	Grundlagen	934
1.2	Vierpolgleichungen, Zusammenschaltung von Vierpolen	934
1.3	Bestimmung der Vierpolparameter	936
1.4	Elementarvierpole	937
1.5	Betriebskenngrößen	937
2	Spezielle Vierpole	945
2.1	Übertragungssymmetrische (reziproke) Vierpole	945
2.2	Widerstandssymmetrische Vierpole	946
2.3	Längssymmetrische Vierpole	946
2.4	Rückwirkungsfreie Vierpole	946
3	Wellenparameter passiver Vierpole	946
3.1	Allgemeine passive Vierpole	946
3.2	Längssymmetrische passive Vierpole	947
3.3	Wellenwiderstand bei passiven längssymmetrischen Vierpolen	947
3.4	Übertragungsmaß bei passiven längssymmetrischen Vierpolen	948
3.5	Spezielle Vierpole	948
3.5.1	Doppel-T-Filter	948
3.5.2	Kreuzschaltung	949
3.5.3	Frequenzkompensierter Spannungsteiler	949
III	Leitungen	950
1	Leitungsbeläge und Leitungsgleichungen	950
2	Leitung mit sinusförmigen Spannungen und Strömen	952
2.1	Allgemeine Lösung	952
2.2	Wellenwiderstand	952
2.3	Ausbreitungskoeffizient	953
2.4	Verlustlose Leitung	953
2.5	Lösung mit Zeigerdarstellung	953
2.6	Unendlich lange Leitung	954
2.7	Anpassung	954
2.8	Phasengeschwindigkeit, Gruppengeschwindigkeit	954
3	Leitung mit sinusförmigen Spannungen und Strömen und beliebiger Abschlußimpedanz Z_c	954
3.1	Reflexionsfaktor, Übertragungsfaktor	954
3.2	Eingangsimpedanz	955
3.3	Verzerrungsfreie Leitung	956
3.4	Leitung als Vierpol	956
3.4.1	Allgemeine Ersatzschaltung	956
3.4.2	Elektrisch kurze Leitung	957
4	Verlustlose Leitung	957
4.1	Eigenschaften	957
4.2	Wanderwellen bei Reflexion am Leitungsein- und -ausgang	957
4.3	Elektrisch lange Leitung	958
4.4	Leitung als Transformator	959
4.5	Stehende Wellen	959
4.6	Kettenleiter	959
4.7	Wellenfilter	960
5	Daten von Leitungen	961

6	Hochfrequenzleitungen	961
6.1	Hochfrequenz-Koaxialkabel	961
6.2	Hohlleiter	963
6.3	Streifenleitungen	966
7	s-Parameter	970
7.1	Signalflußdiagramme	970
7.2	Leistungsverstärkung	972
8	Kreisdiagramm	972
8.1	Doppel-Kreisdiagramm	975
8.2	s-Parameter im Kreisdiagramm	976
IV	Antennen	978
1	Grundlagen	978
2	Kenngößen	980
3	Ausführungsformen von Antennen	982
3.1	Vertikalantenne	982
3.2	Rahmenantenne	982
3.3	Ferritantenne	982
3.4	$\lambda/2$ -Dipol, $\lambda/2$ -Faltdipol	983
3.5	Breitbanddipol	983
3.6	Gruppenstrahler	983
3.7	Yagi-Antenne	983
3.8	Langdrahtantenne	984
3.9	Rohrschlitzstrahler	984
3.10	Parabolantenne	984
4	Wellenausbreitung	984
4.1	Boden- und Raumwelle	984
4.2	Erdatmosphäre	985
4.3	Wellenausbreitung im Plasma	985
4.4	Wellenausbreitung im Bereich 30 kHz bis 30 GHz	986
V	Modulation	988
1	Übersicht	988
2	Sinusträger – mit Analogsignal moduliert	988
2.1	Amplitudenmodulation (AM)	989
2.1.1	Modulation durch Multiplikation	989
2.1.2	Kenngößen der Amplitudenmodulation	989
2.1.3	Modulation an einer quadratischen Kennlinie	990
2.1.4	Modulation an einer nichtlinearen nichtquadratischen Kennlinie	991
2.1.5	Zeigerdiagramm	991
2.1.6	Modulationstrapez	991
2.1.7	Demodulation von AM	992
2.1.8	Leistung von Träger und Seitenbändern	992
2.1.9	Störungen bei amplitudenmodulierten Signalen	992
2.1.10	Kreuzmodulation	993
2.2	Sonderformen der Amplitudenmodulation	993
2.2.1	Einseitenbandmodulation (ESB, SSB)	993
2.2.2	Restseitenbandmodulation (RM, VSB)	994
2.2.3	Quadraturmodulation	995
2.3	Technische Ausführung der Amplitudenmodulation	995
2.4	Winkelmodulation	996
2.4.1	Grundlagen	996
2.4.2	Kenngößen	997
2.4.3	Zeigerdarstellung	997
2.4.4	Spektrum und Bandbreitenbedarf	997
2.4.5	Störungen bei winkelmodulierten Signalen	998
2.4.6	Preemphasis, Deemphasis	999
2.4.7	Erzeugung von Frequenz- und Phasenmodulation	999
2.4.8	Demodulation von Frequenz- und Phasenmodulation	1001
3	Sinusträger – mit Digitalsignal moduliert	1002
3.1	Amplitudenumtastung (ASK)	1002
3.2	Frequenzumtastung (FSK)	1003

3.3	Phasenumtastung (PSK)	1003
3.3.1	Zweiphasenumtastung (2-PSK)	1004
3.3.2	Vierphasenumtastung (4-PSK)	1005
3.3.3	n -Phasen-Umtastung	1006
4	Pulsträger uncodiert	1007
4.1	Pulsamplitudenmodulation (PAM)	1007
4.2	Pulsfrequenz- und Pulsphasenmodulation (PFM, PPM)	1007
4.3	Pulsdauernmodulation (PDM)	1009
4.4	Pulsmodemodulation (PCM)	1009
4.4.1	Prinzip	1009
4.4.2	Aliasing-Effekt	1010
4.4.3	Abtast-Halte-Glied	1010
4.4.4	Quantisierung	1012
4.4.5	Quantisierungsgeräusch	1012
4.4.6	Kompandierung	1012
4.4.7	Kodierung	1013
4.4.8	Deltamodulation (DM) und Differenz-Pulsmodemodulation (DPCM)	1014
VI	Filter	1015
1	Allgemeines	1015
2	Passive R-C-Filter	1016
2.1	Passive R-C-Tiefpaßfilter	1016
2.2	Passive R-C-Hochpaßfilter	1017
2.3	Bandpaß aus R-C-Hoch- und Tiefpaßfilter	1017
2.4	R-L-C-Bandpaß und -Bandsperr	1019
2.5	Bandfilter	1021
2.6	Quarzfilter, keramische Filter	1022
2.7	Digitale Filter	1023
2.8	Filter mit geschalteten Kondensatoren, SC-Filter	1024
VII	Empfängerschaltungstechnik	1025
1	Geradeausempfänger	1025
2	Überlagerungsempfänger	1026
3	Automatische Verstärkungsregelung (AVR)	1026
4	Weitere Schaltungskonzepte	1026
VIII	Ton- und Bildübertragung	1027
1	Rundfunk-Stereoübertragung	1027
2	Fernseh-Bildübertragung	1028
2.1	Grundlagen, Schwarz-Weiß-Empfänger	1028
2.2	Farbfernsehtechnik	1031
IX	Mehrfachübertragung – Multiplexverfahren	1034
1	Zeitmultiplexverfahren	1035
1.1	Analoge Signalübertragung	1035
1.2	Digital kodierte Signalübertragung	1036
2	Frequenzmultiplexverfahren	1036
X	Richtfunktechnik	1037
XI	Nachrichtenübertragung über Satellit	1038
XII	Nachrichtenübertragung über Lichtwellenleiter (LWL)	1042
1	Physikalische Grundlagen	1042
2	Grundmodelle von Lichtwellenleitern	1044
2.1	Mehrmoden-Stufenindex mit Totalreflexion	1044
2.2	Mehrmoden-Gradientenindex	1044
2.3	Einmoden-Stufenindex	1044
3	Technische Ausführung von Lichtwellenleitern	1046

4	Lichtsender	1047
5	Lichtempfänger	1047
6	Verbinden von Lichtleitern	1048
XIII	Funkmeßtechnik – Radar	1048
1	Grundlagen, Kenngrößen	1048
2	Daten von Radaranlagen	1050
3	Funkortungssystem OMEGA	1051
4	Satellitengestütztes Ortungssystem GPS	1051
XIV	Elektroakustische Wandler	1051
1	Definitionen, Kenngrößen	1051
2	Schallempfänger	1053
2.1	Kenngrößen für Mikrofone	1053
2.2	Mikrofonsysteme	1054
2.2.1	Kohlemikrofon	1054
2.2.2	Kristallmikrofon	1055
2.2.3	(Elektro-)Magnetisches Mikrofon	1055
2.2.4	(Elektro-)Dynamisches Mikrofon als Tauchspul- oder Bändchenmikrofon	1055
2.2.5	Kondensatormikrofon	1056
2.2.6	Elektret-Kondensatormikrofon	1057
2.3	Daten und Eigenschaften verschiedener Mikrofonsysteme	1057
3	Schallsender	1058
3.1	Lautsprecher- und Hörer-Systeme	1058
3.1.1	Elektrodynamisches System	1058
3.1.2	(Elektro-)Magnetisches System	1058
3.1.3	Dynamisches System	1058
3.1.4	Elektrostatisches System	1058
3.1.5	Piezoelektrisches System	1059
3.2	Kenngrößen, Daten	1059
XV	Vermittlungstechnik	1060
1	Grundbegriffe	1060
2	Vermittlung	1061
3	Verkehrstheorie	1061
4	Ortsvermittlungstechnik	1062
4.1	Endgerät	1062
4.2	Ortsnetz	1063
5	Nationales Fernnetz	1064
6	Internationales Fernnetz	1065
XVI	Kommunikations- und Datennetze	1066
1	Lokale Kommunikations- und Datennetze	1066
2	Öffentliche Kommunikations- und Datennetze	1068
2.1	Fernsprechnet	1068
2.1.1	Kommunikationsdienste	1068
2.1.2	Telefax	1068
2.1.3	Temex	1069
2.1.4	Telebox	1069
2.1.5	Modem	1069
2.2	Integriertes Digitalnetz IDN	1069
2.2.1	Teletex, Telex	1069
2.2.2	Datex	1069
2.3	ISDN	1069
2.4	Mobilfunknetze	1070
2.4.1	Einweg-Funknetz: Funkrufdienst	1070
2.4.2	Funktelefonsysteme	1071
2.5	Internet	1072
XVII	Optimierte Nachrichten- und Datenübertragung	1073
1	Kodierung	1073

1.1	Quellenkodierung	1073
1.1.1	Grundlagen	1073
1.1.2	Optimalkodes	1075
1.1.3	Datenreduktion	1076
1.2	Kanalkodierung	1076
1.2.1	Grundlagen	1076
1.2.2	Maximum-Likelihood-Verfahren	1077
1.2.3	Faltungskodierer mit Likelihood-Viterbi-Dekodierer	1077
2	Optimalfilter	1079
3	Anwendung der Korrelation bei gestörten Signalen	1082
	Literaturverzeichnis	1083
	Literatur allgemein:	1083
	Literatur zu Kapitel II:	1083
	Literatur zu Kapitel III:	1083
	Literatur zu Kapitel IV:	1083
	Literatur zu Kapitel V:	1083
	Literatur zu den Kapiteln XII, XIV und XVII:	1083

Signal- und Systemtheorie

	Häufig verwendete Formelzeichen	1085
I	Einführung	1086
1	Darstellung in der Zeit- und in der Frequenzebene	1086
2	Hinweise zur Anwendung	1087
II	Grundbegriffe	1088
III	Periodische nichtsinusförmige zeitkontinuierliche Signale	1089
1	Reelle und komplexe Fourierreihe	1089
2	Beispiele und Anwendungen	1090
IV	Nichtperiodische zeitkontinuierliche Signale	1093
1	Fouriertransformation	1093
1.1	Transformationsregeln	1093
1.2	Eigenschaften	1093
1.3	Korrespondenztabelle	1095
1.4	Beispiele	1096
2	Laplacetransformation	1096
2.1	Einführung	1096
2.2	Transformation	1096
2.3	Sätze zur Laplacetransformation	1099
2.4	Anwendung der Laplacetransformation bei bekanntem $H(s)$	1100
2.5	Bestimmung von $H(s)$	1100
2.5.1	Bestimmung von $H(s)$ mit Differentialgleichung	1100
2.5.2	Bestimmung von $H(s)$ durch direkte Transformation der Einzelelemente	1100
2.6	Beispiele	1102
V	Spezielle Signale	1107
1	Stoßfunktion, δ -Funktion, Dirac-Impuls	1107
2	Sprungfunktion $s(t)$	1107
3	Verknüpfung von s - und δ -Funktion	1108
4	Harmonische Schwingungen	1108
VI	Leistung	1109
VII	Faltungsintegral	1110
VIII	Abtasttheorem	1111

IX	Nichtkontinuierliche (zeitdiskrete) Signale	1112
1	Diskrete Fouriertransformation (DFT)	1113
2	Schnelle Fouriertransformation (FFT)	1114
3	z -Transformation	1114
X	Zufällige Signale	1118
1	Grundbegriffe und Kenngrößen	1118
2	Verteilungen	1121
2.1	Binomialverteilung	1121
2.2	Poissonverteilung	1121
2.3	Normalverteilung, Gaußverteilung	1121
3	Rauschen	1122
4	Signalerkennung bei gestörter Übertragung	1123
4.1	Erkennen versteckter Periodizitäten	1123
4.2	Signalerkennung allgemein	1123
4.3	Signalangepaßte Filter (matched filter)	1123
	Literaturverzeichnis	1124
	Literatur allgemein:	1124
	Literatur zu Kapitel IX:	1124
	Literatur zu Kapitel X:	1124

Sachwortverzeichnis