



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Rechenbuch Elektrotechnik

Ein Lehr- und Übungsbuch zur Grund- und Fachstufe

12. völlig neu überarbeitete Auflage

Bearbeitet von

Peter Bastian, Walter Eichler, Siegfried Riefler, Hans Rinn,
Otto Spielvogel, Klaus Tkotz, Ulrich Winter

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Klaus Tkotz

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.
Düsseldorf Straße 23 · Postfach · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 30766

Inhaltsverzeichnis

1 Mathematische Grundlagen

1.1	Elektronischer Taschenrechner (ETR)	7
1.2	Summieren und Multiplizieren von Zahlen, Variablen und Summen	9
1.3	Rechnen mit Brüchen	11
1.4	Potenzen und Wurzeln	12
1.5	Logarithmen	13
1.6	Gleichungen und Formeln	15
1.6.1	Lineare, reinquadratische Gleichungen, Exponentialgleichungen, Formeln	15
1.6.2	Verhältnisgleichungen, Dreisatzrechnen	16
1.6.3	Verhältnisgleichungen, Prozentrechnen	17
1.6.4	Gemischtquadratische Gleichungen	18
1.7	Funktionen	19
1.8	Rechnen am Dreieck	21
1.8.1	Satz des Pythagoras	21
1.8.2	Winkelfunktionen	22
1.8.3	Winkel im Bogenmaß	23
1.8.4	Rechnen am beliebigen Dreieck	23
1.9	Runden und Fehlerrechnung	25

2 Physikalische Grundlagen

2.1	Vorsätze, Zollmaße	27
2.2	Kreisumfang und gestreckte Länge	28
2.3	Flächen	29
2.4	Rauminhalt und Masse	30
2.5	Berechnung von Spulen	31
2.6	Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit	33
2.7	Kräfte	35
2.8	Moment und Hebel	36
2.9	Mechanische Arbeit	38
2.10	Mechanische Leistung	39

3 Elektrotechnische Grundlagen

3.1	Stromstärke und Ladung	40
3.2	Elektrische Spannung	40
3.3	Widerstand und Leitwert	41
3.4	Ohmsches Gesetz	41
3.5	Stromdichte	42
3.6	Elektrischer Widerstand	43
3.6.1	Leiterwiderstand	43
3.6.2	Widerstand und Temperatur	44
3.6.3	Thermistoren	46
3.7	Schaltung von Widerständen	47
3.7.1	Reihenschaltung von Widerständen	47
3.7.2	Meßbereichserweiterung von Spannungsmessern	49
3.7.3	Parallelschaltung von Widerständen	50
3.7.4	Meßbereichserweiterung von Strommessern	52
3.7.5	Gemischte Schaltungen (Gruppenschaltungen)	53
3.7.6	Meßbrücken; abgegliche Brückenschaltung	56
3.7.7	Unabgegliche Brückenschaltung	57

3.7.8	Spannungsteiler	59
3.8	Elektrische Leistung und Arbeit	61
3.8.1	Elektrische Leistung	61
3.8.2	Elektrische Arbeit	62
3.8.3	Leistungsbestimmung mit dem Zähler	63
3.8.4	Wirkungsgrad	64
3.9	Wärmeenergie	65
3.9.1	Wärmedehnung	65
3.9.2	Wärmemenge und Wassermischung	66
3.9.3	Elektrowärme und Nutzungsgrad	67
3.10	Spannungserzeuger	69
3.10.1	Galvanische Elemente	69
3.10.2	Schaltung von Spannungserzeugern	70
3.10.3	Anpassung	72
3.10.4	Ersatzquellen	73
3.11	Elektrochemie	74
3.11.1	Elektrolyse	74
3.11.2	Laden und Entladen von Akkumulatoren	75

4 Arbeiten mit Kennlinien

4.1	Lineare Widerstände	76
4.2	Nichtlineare Widerstände	77
4.3	Ermittlung des Arbeitspunktes	78
4.3.1	Reihenschaltung linearer Widerstände	78
4.3.2	Reihenschaltung linearer und nichtlinearer Widerstände	79
4.4	Statischer und differentieller Widerstand	80

5 Elektrisches Feld

5.1	Elektrische Feldstärke	81
5.2	Kapazität von Plattenkondensatoren	82
5.3	Ladung und Energie bei Kondensatoren	83
5.4	Schaltungen von Kondensatoren	84
5.5	Laden und Entladen von Kondensatoren	85
5.5.1	Kondensatorspannung und Zeit	85
5.5.2	Kondensatorstrom und Zeit	86

6 Magnetisches Feld

6.1	Größen des magnetischen Feldes	87
6.1.1	Durchflutung und Feldstärke	87
6.1.2	Magnetischer Fluß, magnetische Flußdichte, Permeabilität	88
6.1.3	Arbeiten mit Magnetisierungskennlinien	89
6.2	Magnetische Kreise	90
6.3	Magnetische Feldkräfte	92
6.4	Elektromagnetische Induktion	93
6.5	Spule an Gleichspannung	94

7 Wechselstrom

7.1	Winkel, Winkleinheiten, Winkelfunktionen	95
-----	--	----

7.2	Wechselspannung und Wechselstrom mit Sinusform	96	8.2.2	Dreieckschaltung, unsymmetrische, gleichartige Last	131
7.2.1	Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz	96	8.2.3	Dreieckschaltung, unsymmetrische, ungleichartige Last	132
7.2.2	Scheitelwert und Effektivwert	96	8.3	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	133
7.3	Scheitelwert und Augenblickswert sinusförmiger Wechselspannungen und Wechselströme	97	8.4	Kompensation bei Drehstrom	135
7.4	Addition sinusförmiger Wechselgrößen gleicher Frequenz	98	9	Elektrische Maschinen	
7.4.1	Addition im Zeigerdiagramm	99	9.1	Transformatoren	136
7.4.2	Addition sinusförmiger Wechselgrößen im Liniendiagramm	99	9.1.1	Einphasentransformatoren	136
7.5	Wechselstromkreis mit idealen Widerständen	100	9.1.2	Transformatoren für Dreiphasenwechselstrom	144
7.5.1	Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis (Wirkwiderstand)	100	9.2	Antriebstechnik	146
7.5.2	Induktivität im Wechselstromkreis (ideale Spule)	101	9.2.1	Leistung, Drehzahl und Drehmoment	146
7.5.3	Kapazität im Wechselstromkreis (idealer Kondensator)	102	9.2.2	Übersetzungen, Riementrieb	147
7.5.4	Schaltungen von idealen Induktivitäten und idealen Kapazitäten	103	9.2.3	Zahnradtrieb	148
7.6	Reihenschaltungen bei gemischter Belastung	104	9.2.4	Schneckentrieb	149
7.6.1	Wirkwiderstand und induktiver Blindwiderstand in Reihe	104	9.2.5	Mehrfache Übersetzung	150
7.6.2	Verlustwinkel und Gütefaktor einer Spule ..	106	9.3	Umlaufende elektrische Maschinen ..	151
7.6.3	Reihenschaltung realer Spulen	107	9.3.1	Drehfelddrehzahl	151
7.6.4	Wirkwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe	108	9.3.2	Synchronmaschine	151
7.6.5	Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand in Reihe	110	9.3.3	Zahnläufer und Schrittmotoren	153
7.7	Parallelschaltungen bei gemischter Belastung	112	9.3.4	Asynchronmaschine	154
7.7.1	Wirkwiderstand und induktiver Blindwiderstand parallel	112	9.3.5	Asynchrone Frequenzumformer	156
7.7.2	Parallelschaltung mehrerer Spulen	114	9.3.6	Gleichstrommotoren	157
7.7.3	Wirkwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand parallel	116		Fremderregter Gleichstrommotor	157
7.7.4	Verlustwinkel und Gütefaktor eines Kondensators	118		Gleichstrom-Nebenschlußmotor	158
7.7.5	Wirkwiderstand, induktiver Blindwiderstand und kapazitiver Blindwiderstand parallel ..	119	9.3.7	Gleichstromgeneratoren	160
7.8	Schwingkreise	121	10	Meßtechnik	
7.8.1	Reihenschwingkreis	121	10.1	Anzeige, Anzeigefehler	162
7.8.2	Parallelschwingkreis	122	10.1.1	Analog-Multimeter	162
7.9	Siebschaltungen	123	10.1.2	Digital-Multimeter	162
7.9.1	RL-Hochpaß und RL-Tiefpaß	123	10.2	Eigenverbrauch von Meßinstrumenten ..	164
7.9.2	RC-Hochpaß und RC-Tiefpaß	124	10.3	Indirekte Widerstandsermittlung	165
7.10	Kompensation bei Wechselstrom	125	10.4	Messen über Meßwandler	166
8	Dreiphasenwechselstrom		10.5	Messen mit dem Oszilloskop	168
8.1	Sternschaltung	127	11	Elektrische Anlagen	
8.1.1	Sternschaltung, symmetrische Last	127	11.1	Schutzmaßnahmen	170
8.1.2	Sternschaltung, unsymmetrische, gleichartige Last	128	11.1.1	Fehlerstromkreis	170
8.1.3	Sternschaltung, unsymmetrische, ungleichartige Last	129	11.1.2	Isolationswiderstand von Fußböden oder Wänden	171
8.2	Dreieckschaltung	130	11.1.3	Schutzmaßnahmen im TN-System	171
8.2.1	Dreieckschaltung, symmetrische Last	130	11.1.4	Schutzmaßnahmen im TT-System	174
			11.1.5	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	175
			11.2	Leitungen	176
			11.2.1	Unverzweigte Leitungen für Gleichstrom ..	176
			11.2.2	Unverzweigte Leitungen für Wechselstrom ..	178
			11.2.3	Unverzweigte Leitungen für Drehstrom	180
			11.2.4	Verzweigte Leitungen für Wechselstrom	181
			11.2.5	Verzweigte Leitungen für Drehstrom	183
			11.2.6	Ringleitungen	185
			11.3	Beleuchtungstechnik	187
			11.3.1	Lichtstrom und Lichtausbeute	187
			11.3.2	Beleuchtungsstärke und Beleuchtungswirkungsgrad	188

11.3.3	Lichtstärke und Lichtstärkeverteilung	189	13.5	Spannungsstabilisierung	228
11.3.4	Leuchtdichte	190	13.5.1	Z-Diode	228
11.3.5	Raumindex	190	13.5.2	Parallelstabilisierung	229
11.3.6	Beleuchtungswirkungsgrad bei Innenraumbeleuchtung	191	13.5.3	Reihenstabilisierung	230
11.3.7	Ermittlung der Lampenzahl nach dem Wirkungsgradverfahren	191	13.5.4	Spannungsstabilisierung mit Festspannungsregler	231
11.4	Antennentechnik	193	13.6	Transistor als Schalter	232
11.4.1	Verstärkungsfaktor, Dämpfungsfaktor	193	13.7	Kippschaltungen	233
11.4.2	Verstärkungsmaß, Dämpfungsmaß	194	13.7.1	Astabile Kippschaltung	233
11.4.3	Pegel	195	13.7.2	Monostabile Kippschaltung	234
11.4.4	Mechanische Festigkeit von Antennenstandrohren	197	13.7.3	Schmitt-Trigger	235
11.5	Tarife	199	13.8	Feldeffekttransistor (FET)	236
11.5.1	Durchschnittspreisberechnung	199	13.8.1	Kenngrößen des Feldeffekttransistors	236
11.5.2	Grenzverbrauch	199	13.8.2	Einstellung des Arbeitspunktes	237
11.5.3	Tarifsysteem ohne Leistungsmessung	200	13.8.3	Arbeiten mit Kennlinien beim FET	238
11.5.4	Tarifsysteem mit 96-Stunden- Leistungsmessung (Tarif II)	201	13.9	Operationsverstärker	239
12 Digitaltechnik			13.9.1	Invertierender Operationsverstärker	239
12.1	Zahlensysteme	203	13.9.2	Nichtinvertierender Operationsverstärker	239
12.1.1	Umwandlung von Dual- und Sedezimalzahlen in Dezimalzahlen	204	13.9.3	Summierverstärker (Addierer)	240
12.1.2	Umwandlung von Dezimalzahlen in Dual- oder in Sedezimalzahlen	204	13.9.4	Differenzverstärker (Subtrahierer)	241
12.1.3	Umwandlung von Sedezimalzahlen in Dualzahlen	205	13.9.5	Integrierer	242
12.2	Rechnen mit Dualzahlen	206	13.9.6	Differenzierer	243
12.3	BCD-Code	206	13.10	Thyristoren und Triac	244
12.4	Schaltalgebra	207	13.10.1	Gesteuerte Gleichrichter	244
12.4.1	Rechenregeln für eine Variable und Umkehrterme	207	13.10.2	Wechselstromsteller, Schwingungspaketsteuerung	245
12.4.2	Kommutativgesetz	208	14 Regelungstechnik		
12.4.3	Assoziativgesetz	208	14.1	Unstetiges Regeln	246
12.4.4	Distributivgesetz	208	14.2	Stetiges Regeln	248
12.4.5	Umkehrgesetze für mehrere Variablen	209	14.2.1	Regeln mit Proportionalverhalten	248
12.4.6	Schaltungen in NAND- oder in NOR-Technik	210	14.2.2	Regelverhalten von Operationsverstärkern	250
12.5	Analyse und Synthese von Binärschaltungen	211	14.2.3	Einstellen eines stetigen Reglers	252
12.5.1	Analyse von Binärschaltungen	211	15 Prüfungsvorbereitung		
12.5.2	Synthese von Binärschaltungen	212	Aufgaben		
12.6	Minimieren von Schaltnetzwerken	213	253		
12.6.1	Algebraisches Minimieren	213	16 Datenblätter		
12.6.2	KV-Diagramm	214	Strombelastbarkeit (Kabel und Leitungen)		
13 Elektronik			262		
13.1	Kühlung elektronischer Bauelemente	216	Umrechnungsfaktoren (Kabel und Leitungen)		
13.2	Dioden	217	263		
13.3	Gleichrichter	218	Daten von Drehstrom-Motoren		
13.3.1	Gleichrichterschaltungen	218	263		
13.3.2	Glättung und Siebung	220	Strom-Zeit-Kennlinien (Überstrom-Schutzeinrichtungen)		
13.4	Bipolarer Transistor	222	264		
13.4.1	Kennwerte	222	Tarife, E-Reihen		
13.4.2	Arbeiten mit Transistorkennlinien	223	265		
13.4.3	Arbeitspunkteinstellung	224	Beleuchtungstechnik		
13.4.4	Arbeitspunktstabilisierung	225	266		
13.4.5	Wechselstromverstärker in Emitterschaltung	226	Antennen		
			267		
			Z-Dioden, Leuchtdioden		
			268		
			Gleichrichterioden, Transistoren		
			269		
			Sachwortverzeichnis		
			270		