

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Elektrotechnische Grundbegriffe	1
1.1 Grundbegriffe	2
1.1.1 Leitungselektron im Kupferdraht	4
1.1.2 Elektrizitätsmenge	7
1.1.3 Potential und Spannung	9
1.1.4 Spannungserzeugung und Spannungsquellen	10
1.1.5 Strom und Spannung	12
1.1.6 Widerstand	13
1.1.7 Temperaturerhöhung von Widerständen	16
1.1.8 Stromdichte	17
1.2 Erscheinungsformen der Elektrizität	19
1.2.1 Berührungselektrizität	19
1.2.2 Thermoelektrizität	21
1.2.3 Induktionselektrizität	22
1.2.4 Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes	24
1.2.5 Wirkung des elektrischen Stromes auf das Magnetfeld eines Dauermagneten	26
1.2.6 Induktionselektrizität	29
1.2.7 Übertragung elektrischer Energie durch Elektroinduktion	30
1.2.8 Selbstinduktion	32
2 Einfacher Stromkreis	35
2.1 Zählrichtung für Ströme und Spannungen	35
2.1.1 Kennzeichnung von Spannungen und Strömen im Gleich- und im Wechselstromkreis	36
2.1.2 Zählfeilsystem	38
2.1.3 Ohmsches Gesetz	41
2.1.4 Elektrische Leistung	43
2.1.5 Messung elektrischer Arbeit	44
2.2 Erweiterter Stromkreis	45
2.2.1 Reihenschaltung von Widerständen	45
2.2.2 Parallelschaltung von Widerständen (Stromteilung)	48

2.2.3	Gemischte Schaltungen von ohmschen Widerständen	49
2.2.4	Kirchhoffsche Regeln	51
2.2.5	Gemischte Schaltung	54
2.2.6	Widerstandskennlinien in einer Reihenschaltung	56
2.2.7	Spannungsteiler	57
2.2.8	Brückenschaltung	59
2.2.9	Spannungsteiler mit veränderbaren Widerständen	60
2.2.10	Leistung im erweiterten Stromkreis	61
2.3	Gleichspannungs- und Gleichstromquellen	63
2.3.1	Potentialbildung	63
2.3.2	Elektrolyt und Elektrolyse	66
2.3.3	Galvanisches Element (Primärelemente)	67
2.3.4	Leclanche-Element	68
2.3.5	Kohle-Zink-Trockenelemente	70
2.3.6	Alkali-Mangan-Zelle	72
2.3.7	Quecksilberoxid-Zink-Trockenelement	72
2.3.8	Silberoxid-Zink-Zelle	73
2.3.9	Lithium-Zelle	73
2.3.10	Weitere Primärelemente	74
2.3.11	Entladekurven unterschiedlicher Primärelemente	75
2.4	Sekundäre Elemente	76
2.4.1	Bleiakkumulator	76
2.4.2	Nickel-Cadmium-Akkumulator	77
2.4.3	Nickel-Eisen-Akkumulator	78
2.5	Kenngrößen und Schaltungen von Spannungsquellen	78
2.5.1	Spannungsquellen bei unterschiedlicher Belastung	79
2.5.2	Ersatzschaltung und Kenngrößen von Spannungsquellen	80
2.5.3	Kennlinien linearer Spannungsquellen	82
2.5.4	Reihenschaltung von Spannungsquellen	84
2.5.5	Parallelschaltung von Spannungsquellen	85
2.5.6	Stromquellen	86
2.5.7	Quellenumwandlungen	87
3	Widerstände	89
3.1	Leiterwerkstoffe	90
3.1.1	Eigenschaften von Widerständen	91
3.1.2	Bauarten von Widerständen	96
3.1.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	99
3.1.4	Widerstandsmessung mit Ohmmetern	101
3.1.5	Brückenmessungen	102
3.1.6	Kompensationsmessungen	105
3.1.7	Simuliertes Ohmmeter	106

3.2	Bauformen von Widerständen	107
3.2.1	Drahtwiderstände	108
3.2.2	Schichtwiderstände	110
3.2.3	Metallflachchip-Widerstände	111
3.2.4	Widerstandsnetzwerke	113
3.2.5	Potentiometer und Trimmer	114
4	Kondensator	119
4.1	Elektrisches Feld	120
4.1.1	Elektrischer Strom als Ladungsträger	121
4.1.2	Elektrische Feldstärke	125
4.1.3	Kapazität und Kondensator	126
4.1.4	Parallelschaltung von Kapazitäten	128
4.1.5	Reihenschaltung von Kapazitäten	129
4.2	Laden und Entladen eines Kondensators	129
4.2.1	Laden eines Kondensators	129
4.2.2	Entladung eines Kondensators	132
4.2.3	Kapazitätsänderung von Kondensatoren bei Erwärmung	133
4.3	Kenngrößen von Kondensatoren	133
4.3.1	E-Reihen von Kondensatoren	133
4.3.2	Bauarten von Kondensatoren	135
4.3.3	Massekondensatoren	138
4.3.4	Schichtkondensatoren	138
4.3.5	Kondensatoren	139
4.4	Energie des elektrischen Feldes	140
4.5	Simulation eines RC-Gliedes	141
5	Elektromagnetismus und Induktivität	147
5.1	Magnetismus und magnetisches Feld	150
5.1.1	Magnetisierbarkeit	151
5.1.2	Magnetische Wirkung des Stromes – Elektromagnetismus	152
5.1.3	Durchflutung und magnetische Spannung	155
5.1.4	Magnetische Flussdichte	156
5.1.5	Magnetischer Fluss	157
5.2	Eisen im Magnetfeld	158
5.2.1	Magnetisierungsverhalten	158
5.2.2	Magnetisierungskurven	161
5.3	Elektrodynamisches Prinzip	162
5.4	Induktion	163

5.5	Selbstinduktion	164
5.5.1	Reihenschaltung von Spulen	165
5.5.2	Parallelschaltung von Spulen	165
5.6	Induktivitäten im Gleichstromkreis	166
5.6.1	Einschaltvorgang an einer Spule	166
5.6.2	Abschaltvorgang an einer Spule	167
5.7	Spulen und Transformatoren	169
5.7.1	Luftspule	169
5.7.2	Aufbau von Spulen	171
5.7.3	Bauarten von Spulen	173
5.7.4	Spulen als Glättungs- und Speicherdrosseln	174
5.7.5	Blechkerne für Transformatoren	174
5.7.6	Anwendungen von Transformatoren und Übertragern	177
5.7.7	Realer und verlustbehafteter Transformator	180
5.7.8	Kleintransformatoren	182
5.7.9	Simulation eines idealen Transformators	183
5.7.10	Berechnung eines Transformators	184
5.7.11	Aufbau eines Relais	186
5.7.12	Lautsprecher	188
6	Wechselstrom	191
6.1	Erzeugung einer Wechselspannung	193
6.1.1	Frequenz, Periode und Kreisfrequenz	196
6.1.2	Kenngrößen sinusförmiger Wechselspannung und -ströme	196
6.1.3	Effektivwert von Wechselspannung und Wechselstrom	199
6.2	Einfacher Wechselstromkreis	202
6.2.1	Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis	202
6.2.2	Induktivität im Wechselstromkreis	203
6.2.3	Kapazität im Wechselstromkreis	206
6.2.4	Zusammenfassung	208
6.3	Leistung im Wechselstromkreis	209
6.3.1	Wirkleistung	209
6.3.2	Blindleistung	211
6.3.3	Scheinleistung	213
6.3.4	Wirkleistungsfaktor	214
6.4	Erweiterter Wechselstromkreis	215
6.4.1	Reihenschaltungen	215
6.4.2	Reihenschaltung von Widerstand und Kapazität	218
6.4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	220
6.4.4	Reihenschaltung von Induktivitäten und Kapazitäten	221

6.4.5	Parallelschaltungen von Widerständen, Induktivitäten und Kondensatoren	221
6.4.6	Ermittlung von Schein-, Wirk- und Blindleistung	225
6.4.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	227
6.4.8	Kondensator	229
6.4.9	Spule	229
6.5	Schwingkreis und Resonanzfrequenz	230
6.5.1	Reihenschwingkreis und Reihenresonanz	230
6.5.2	Parallelschwingkreis und Parallelresonanz	232
6.5.3	Simulation eines RCL-Reihenschwingkreises	232
6.5.4	Simulation eines Parallelschwingkreises	236
6.6	Eisen im magnetischen Wechselfeld	238
6.6.1	Ummagnetisierungsverluste	238
6.6.2	Wirbelstromverluste	239
6.7	Transformator	241
6.7.1	Aufbau und Wirkungsweise	242
6.7.2	Transformator-Typen	244
6.7.3	Übertrager	247
7	Drehstrom	249
7.1	Wirkungsweise des Drehstromes	251
7.1.1	Sternschaltung bei symmetrischer Belastung	252
7.1.2	Sternschaltung mit angeschlossenem Nullleiter	255
7.1.3	Unsymmetrische Belastungen in einer Sternschaltung	257
7.1.4	Dreieckschaltung	259
7.2	Wechselstrom- und Drehstrommotor	261
7.3	Gleichstrommotoren	265
7.3.1	Nebenschluss-, Reihenschluss- und Doppelschlussmotoren	266
7.4	Netzformen und VDE-Bestimmungen	269
7.4.1	Netzformen	270
7.4.2	Schutzeinrichtungen und Schutzmaßnahmen	271
7.4.3	Weitere Schutzeinrichtungen	274
7.4.4	Gefährliche Körperströme	276
8	Messgeräte	279
8.1	Analoge Messinstrumente	279
8.1.1	Messwerk, Messinstrument und Messgerät	281
8.1.2	Beschriftung der Messgeräte	282
8.1.3	Genauigkeitsklassen und Fehler	285
8.1.4	Bedienungsregeln und Beurteilung	286

8.2	Zeigermessgeräte	287
8.2.1	Dreheisen-Messwerk	288
8.2.2	Drehmagnet- und Eisennadel-Messwerk	289
8.2.3	Drehspul-Messwerk	290
8.2.4	Zeiger-Galvanometer	291
8.2.5	Drehspul-Quotientenmesswerk	292
8.2.6	Elektrodynamisches Messwerk	293
8.2.7	Induktions-Messwerk	295
8.2.8	Elektrizitätszähler	297
8.3	Messungen elektrischer Grundgrößen	299
8.3.1	Universal-Messinstrumente	299
8.3.2	Strommessung	300
8.3.3	Spannungsmessung	302
8.3.4	Widerstandsmessung mit Ohmmetern	303
8.4	2-Kanal-Oszilloskop	304
8.4.1	Aufbau eines analogen Oszilloskops	308
8.4.2	Horizontale Zeitablenkung und X-Verstärker	310
8.4.3	Triggerung	311
8.4.4	Y-Eingangskanal mit Verstärker	312
8.4.5	Funktionsgenerator	313
8.4.6	Messen unsymmetrischer Spannungen	314
8.4.7	Messen der Phasenverschiebung	316
8.4.8	Messen an einem RC-Integrierglied	316
8.4.9	Messen mit der Lissajous-Figur	319
8.4.10	Messung der kapazitiven Blindleistung	321
8.4.11	Messung der Phasenverschiebung einer RL-Schaltung	321
8.4.12	Messung der Phasenverschiebung bei einer RCL-Reihenschaltung	322
8.5	Digitale Messgeräte	324
8.5.1	4½-stelliges Digital-Voltmeter mit LCD-Anzeige	324
8.5.2	3½-stelliges Digital-Voltmeter ICL7106 mit LCD-Anzeige	326
8.5.3	Umschaltbares Multimeter mit dem ICL7106	328
	Literaturverzeichnis	333
	Index	335