

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Physikalische und mathematische Grundlagen	15
1.1 Allgemeines	15
1.2 Physikalische Grundbegriffe	16
1.2.1 Physikalische Größen	16
1.2.2 Bewegung und Geschwindigkeit	17
1.2.3 Beschleunigung	20
1.2.4 Masse	22
1.2.5 Kraft	22
1.2.6 Gewichtskraft	23
1.2.7 Zerlegung von Kräften	23
1.2.8 Drehmoment	24
1.2.9 Arbeit	25
1.2.10 Energie	25
1.2.10.1 Lageenergie	25
1.2.10.2 Bewegungsenergie	27
1.2.10.3 Energieumwandlung	28
1.2.11 Leistung	28
1.2.12 Wirkungsgrad	29
1.3 Einheiten und mathematische Zeichen	30
1.3.1 Das SI-Einheitensystem	30
1.3.2 Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten	31
1.3.3 Mathematische Zeichen	31
1.4 Gleichungen und Formelumstellungen	32
1.4.1 Wichtige Rechenregeln	33
1.4.2 Klammerregeln	34
1.5 Grafische Darstellungen	35
1.5.1 Rechtwinkliges Koordinatensystem	36
1.5.2 Funktionen	37
1.5.2.1 Lineare Funktionen	37
1.5.2.2 Quadratische Funktionen	38
1.5.2.3 Hyperbel-Funktionen	39
1.5.2.4 Weitere Grundfunktionen	40
1.5.2.5 Empirische Funktionen	42
1.5.2.6 Parameterdarstellungen	43
1.5.3 Achsenteilungen im rechtwinkligen Koordinatensystem	43
1.5.4 Polarkoordinatensystem	46
2 Elektrotechnische Grundlagen	48
2.1 Allgemeines	48

2.2	Materie und Wärme	49
2.2.1	Materie	49
2.2.2	Temperatur und Wärme	50
2.3	Aufbau der Materie	53
2.3.1	Atomaufbau	53
2.3.2	Elektrische Ladungen.	56
2.3.3	Ionen	57
2.3.4	Chemische Bindungen	58
2.3.4.1	Ionenbindung	58
2.3.4.2	Atombindung.	58
2.3.4.3	Metallbindung	59
2.4	Elektrotechnische Grundbegriffe	60
2.4.1	Potential und elektrische Spannung	60
2.4.2	Elektrischer Strom	62
2.4.3	Elektrisches Feld	63
2.5	Erzeugung von elektrischen Spannungen	65
2.6	Wirkungen des elektrischen Stromes	66
2.7	Spannungs- und Stromarten	67
3	Der einfache Stromkreis	71
3.1	Allgemeines	71
3.2	Aufbau eines einfachen Stromkreises	72
3.3	Kennzeichnung von Spannungen und Strömen.	73
3.3.1	Messung von Spannungen und Strömen	73
3.3.2	Zählpeilsystem	74
3.4	Das Ohmsche Gesetz.	78
3.4.1	Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand	78
3.4.2	Grafische Darstellung.	79
3.4.3	Messung des ohmschen Widerstandes	82
3.5	Elektrische Arbeit, Energie und Leistung	82
3.5.1	Elektrische Arbeit und Energie	82
3.5.2	Elektrische Leistung	83
3.5.3	Umwandlung elektrischer Energie	84
3.5.4	Effektivwerte von Spannung und Strom	86
3.6	Eigenschaften elektrischer Leiter	88
3.6.1	Spezifische Leitfähigkeit und spezifischer Widerstand.	88
3.6.2	Stromdichte	90
3.6.3	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	91
3.7	Festwiderstände	94
3.7.1	Kennwerte	95

3.7.2	Grenzwerte	99
3.7.3	Kennzeichnung von Festwiderständen	99
3.7.3.1	Kennzeichnung durch Farbcode	100
3.7.3.2	Kennzeichnung durch Klartext-Code	102
3.7.4	Bauarten und Bauformen.	104
3.7.4.1	Kohleschicht-Widerstände	104
3.7.4.2	Metallschicht-Widerstände.	106
3.7.4.3	Drahtwiderstände	107
4	Der erweiterte Stromkreis	108
4.1	Allgemeines	108
4.2	Parallelschaltung von Widerständen	109
4.2.1	Parallelschaltung von 2 Widerständen	109
4.2.2	Parallelschaltung von mehreren Widerständen	114
4.2.3	1. Kirchhoffsches Gesetz	117
4.3	Reihenschaltung von Widerständen	119
4.3.1	Reihenschaltung von 2 Widerständen	119
4.3.2	Reihenschaltung von mehreren Widerständen	123
4.3.3	2. Kirchhoffsches Gesetz	125
4.4	Gemischte Schaltungen	126
4.4.1	Unbelastete Spannungsteiler	126
4.4.1.1	Unbelastete Spannungsteiler mit Festwiderständen	126
4.4.1.2	Unbelastete Spannungsteiler mit veränderbaren Widerständen	129
4.4.2	Bauformen von veränderbaren Widerständen.	133
4.4.3	Belastete Spannungsteiler	137
4.4.3.1	Belasteter Spannungsteiler mit Festwiderständen	137
4.4.3.2	Belasteter Spannungsteiler mit veränderbaren Widerständen	141
4.5	Widerstandsnetzwerke	143
4.5.1	Vereinfachen von Widerstandsnetzwerken	143
4.5.2	Widerstandsnetzwerke mit Schaltern.	145
4.5.3	Brückenschaltungen	147
5	Spannungsquellen	150
5.1	Allgemeines	150
5.2	Gleichspannungsquellen	152
5.2.1	Primärelemente	152
5.2.1.1	Allgemeine Eigenschaften	152
5.2.1.2	Bauarten und Bauformen	159
5.2.2	Sekundärelemente	160
5.2.2.1	Allgemeine Eigenschaften	160
5.2.2.2	Bauarten und Bauformen	164
5.2.3	Elektronische Gleichspannungsquellen	168

5.3	Wechselspannungsquellen	172
5.3.1	Sinusförmige Wechselspannungen	173
5.3.2	Rechteckförmige Wechselspannungen	176
5.3.3	Sägezahnförmige Wechselspannungen	179
5.3.4	Funktionsgeneratoren	180
5.4	Belastung von Spannungsquellen	182
5.4.1	Innenwiderstand R_i	182
5.4.2	Anpassung, Leerlauf und Kurzschlußbetrieb	182
5.5	Zusammenschaltung von Spannungsquellen	185
5.5.1	Zusammenschaltung von Gleichspannungsquellen	185
5.5.2	Zusammenschaltung von Wechselspannungsquellen	188
6	Das elektrische Feld	190
6.1	Allgemeines	190
6.2	Feldstärke im inhomogenen und homogenen elektrischen Feld	192
6.3	Influenz und Dielektrische Polarisation	195
6.3.1	Influenz	195
6.3.2	Dielektrische Polarisation	196
6.4	Kapazität und Energieinhalt des elektrischen Feldes	197
6.4.1	Kapazität von Kondensatoren	197
6.4.2	Energie des elektrischen Feldes	200
6.5	Kondensatoren an Gleichspannung	201
6.5.1	Der Aufladevorgang	201
6.5.2	Der Entladevorgang	205
6.5.3	Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren	207
6.5.3.1	Reihenschaltung von Kondensatoren	207
6.5.3.2	Parallelschaltung von Kondensatoren	210
6.6	Kondensatoren an Wechselspannung	212
6.6.1	Kapazitiver Blindwiderstand	214
6.6.2	Phasenverschiebung zwischen Strom u. Spannung beim Kondensator	217
6.6.3	Leistung beim Kondensator	218
6.6.4	Verluste im Kondensator	220
6.7	Technische Ausführungen von Kondensatoren	221
6.7.1	Eigenschaften und Kenngrößen von Kondensatoren	221
6.7.2	Bauarten und Bauformen	225
6.7.2.1	Folienkondensatoren	225
6.7.2.2	Keramikkondensatoren	228
6.7.2.3	Elektrolytkondensatoren	229
6.7.2.4	Veränderbare Kondensatoren	231

7	Das magnetische Feld	233
7.1	Allgemeines	233
7.2	Grundbegriffe und Größen des magnetischen Feldes	236
7.2.1	Magnetische Pole und Feldlinienbilder	236
7.2.2	Magnetische Feldgrößen	240
7.2.2.1	Elektrische Durchflutung	240
7.2.2.2	Magnetischer Fluß und magnetische Flußdichte	240
7.2.2.3	Das Ohmsche Gesetz des magnetischen Kreises	241
7.2.2.4	Magnetische Feldstärke	242
7.2.3	Magnetische Kreise mit ferromagnetischen Stoffen	244
7.2.3.1	Feldlinienbilder und Remanenz	244
7.2.3.2	Spule mit Eisenkern	245
7.3	Kraftwirkungen des magnetischen Feldes	249
7.3.1	Elektromagnete	249
7.3.2	Motorprinzip	251
7.3.3	Halleffekt	253
7.3.4	Elektronenstrahlröhre	253
7.4	Induktionsgesetz	254
7.4.1	Generatorprinzip	254
7.4.2	Selbstinduktion	258
7.4.3	Induktivität und Energieinhalt des magnetischen Feldes	259
7.5	Spulen an Gleichspannung	260
7.5.1	Der Einschaltvorgang	260
7.5.2	Der Ausschaltvorgang	262
7.6	Spulen an Wechselspannung	264
7.6.1	Induktiver Blindwiderstand	264
7.6.2	Reihen- und Parallelschaltung von Spulen	265
7.6.2.1	Reihenschaltung von Spulen	266
7.6.2.2	Parallelschaltung von Spulen	267
7.6.3	Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung bei der Spule	268
7.6.4	Leistung bei der Spule	270
7.6.5	Verluste in der Spule	271
7.6.6	Transformatorprinzip	272
7.7	Bauarten und Bauformen von Spulen	277
7.7.1	Spulen	277
7.7.2	Transformatoren	281
7.7.3	Relais	285
8	Zusammenwirken von Wirk- und Blindwiderständen	289
8.1	Allgemeines	289
8.2	Mathematische Grundlagen für Zeigerdiagramme	294

8.3	Reihenschaltung von Wirk- und Blindwiderstand	297
8.3.1	Reihenschaltung von Widerstand und Kondensator	297
8.3.1.1	Zeigerdiagramm der Spannungen	297
8.3.1.2	Liniendiagramm für die R-C-Reihenschaltung	299
8.3.1.3	Mathematische Zusammenhänge für die Spannungen	299
8.3.1.4	Widerstandsdreiecke	300
8.3.1.5	Mathematische Zusammenhänge für die Widerstände.	301
8.3.1.6	Spannungsteiler aus R und C	302
8.3.2	Reihenschaltung von Widerstand und Spule	303
8.3.2.1	Zeigerdiagramm der Spannungen	303
8.3.2.2	Liniendiagramm für die R-L-Reihenschaltung	305
8.3.2.3	Mathematische Zusammenhänge für die Spannungen	305
8.3.2.4	Widerstandsdreiecke	306
8.3.2.5	Mathematische Zusammenhänge für die Widerstände	307
8.3.2.6	Spannungsteiler aus R und L	308
8.3.2.7	Verlustfaktor $\tan \delta$ und Spulengüte Q	309
8.3.3	Leistungen bei R-C- und R-L-Reihenschaltungen	311
8.3.3.1	Leistungsdreiecke und Liniendiagramme	311
8.3.3.2	Mathematische Zusammenhänge für die Leistungen	312
8.4	Parallelschaltung von Wirk- und Blindwiderstand	314
8.4.1	Zeigerdiagramme der Ströme	315
8.4.2	Liniendiagramme für die R-C- und R-L-Parallelschaltung	316
8.4.3	Mathematische Zusammenhänge für die Ströme	317
8.4.4	Leitwertdreiecke	318
8.4.5	Mathematische Zusammenhänge für die Leitwerte	319
8.4.6	R-C- und R-L-Parallelschaltungen als Stromteiler	320
8.4.7	Verlustfaktor $\tan \delta$ und Kondensatorgüte Q	324
8.4.8	Leistungen bei R-C- und R-L-Parallelschaltungen	325
8.5	R-C-L-Schaltungen	327
8.5.1	Reihenschaltung von Widerstand, Kondensator und Spule	328
8.5.1.1	Zeigerdiagramme und mathematische Zusammenhänge	328
8.5.1.2	Reihenresonanz	331
8.5.2	Parallelschaltung von Widerstand, Kondensator und Spule	338
8.5.2.1	Zeigerdiagramme und mathematische Zusammenhänge	338
8.5.2.2	Parallelresonanz	341
8.6	Anwendungsbeispiele	346
8.6.1	Kompensation durch Reihen- oder Parallelschaltungen von Blindwiderständen	346
8.6.2	R-C-Phasenschieber	349
8.6.3	Vierpole	350
8.6.3.1	Grundprinzip der Vierpoltheorie	350
8.6.3.2	Tief- und Hochpässe	352
8.6.3.3	Bandpaß und Bandsperre	361
8.6.3.4	T-Glieder und π -Glieder	365
8.6.3.5	Impulsformer	366

9	Meßtechnik	374
9.1	Allgemeines	374
9.2	Analoge Meßgeräte	377
9.2.1	Meßwerke	377
9.2.1.1	Drehspulmeßwerk	378
9.2.1.2	Elektrodynamisches Meßwerk	378
9.2.1.3	Dreheisenmeßwerk	379
9.2.1.4	Spezielle Meßwerke	380
9.2.2	Eigenschaften	381
9.2.2.1	Eigenverbrauch	381
9.2.2.2	Meßfehler	384
9.2.2.3	Skalensymbole	386
9.2.3	Vielfachmeßgeräte	386
9.2.3.1	Spannungsmessung mit Vielfachmeßgeräten	386
9.2.3.2	Strommessung mit Vielfachmeßgeräten	390
9.2.3.3	Widerstandsmessung mit Vielfachmeßgeräten	392
9.2.4	Multimeter	393
9.2.5	Elektronische Multimeter	395
9.3	Digitale Multimeter	397
9.4	Meßverfahren	399
9.4.1	Spannungsrichtige und stromrichtige Messungen	399
9.4.2	Messung von Widerstandswerten	401
9.4.3	Messung von Innenwiderständen	403
9.4.4	Messung elektrischer Leistung und Arbeit	405
9.4.5	Messung von Scheinwiderständen	406
9.4.6	Messung von Kapazitäten	407
9.4.7	Messung von Induktivitäten	409
9.4.8	RLC-Meßbrücken	410
9.5	Oszilloskope	411
9.5.1	Bedienungselemente	414
9.5.1.1	Bedienungselemente für die Elektronenstrahlröhre	414
9.5.1.2	Bedienungselemente für die Vertikal- oder Y-Ablenkung	416
9.5.1.3	Bedienungselemente für die Horizontal- oder X-Ablenkung	420
9.5.1.4	Bedienungselemente für die Triggerung	424
9.5.2	Zweikanal-Oszilloskope	426
9.5.3	Messungen mit dem Oszilloskop	428
9.5.3.1	Messung von Spannung und Strom	428
9.5.3.2	Messung von Periodendauer und Frequenz	429
9.5.3.3	Gleichzeitige Messung von u_E und u_A	430
9.5.3.4	Messung der Phasenverschiebung zwischen zwei Spannungen	431
9.6	Elektrische Messung nichtelektrischer Größen	433

10	Gefahren des elektrischen Stromes	437
10.1	Allgemeines	437
10.2	Mehrphasiger Wechselstrom	439
10.2.1	Zweiphasiges Wechselstromsystem	439
10.2.2	Dreiphasiges Wechselstromsystem	440
10.2.3	Belastete Drehstromsysteme	443
10.3	Schutzmaßnahmen in der Elektrotechnik	447
10.3.1	Gesetzlicher Unfallschutz	447
10.3.2	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	448
10.3.2.1	Schutz sowohl gegen direktes als auch bei indirektem Berühren	449
10.3.2.2	Schutz gegen direktes Berühren	451
10.3.2.3	Schutz bei indirektem Berühren	453
	Sachregister	460
	Informationen	468
	Aufbau des Schulungsprogramms	469