

Inhaltsverzeichnis

	So ist das Buch zu lesen!	3
1	Physikalische Größen und deren Einheiten	11
1.1	Das Internationale Einheitensystem (SI)	11
1.2	Größengleichungen: Rechnen mit Größen	12
1.3	Dimensionen physikalischer Größen	13
1.4	Einstieg in den Feldbegriff – Gravitation: Das Schwerfeld der Erde	14
1.5	Arbeit und potenzielle Energie im Gravitationsfeld	15
2	Elektrische Grundgrößen	19
2.1	Reibungselektrizität und elektrische Ladung: die Anfänge der Elektrotechnik	19
2.2	Der Aufbau der Materie: eine atomistische Deutung mit dem bohrschen Atommodell	21
2.3	Der Transport von Ladungsträgern: Leiter und Nichtleiter	23
2.4	Die elektrische Spannung	25
2.4.1	Messung von Spannungen – Spannung als Potenzialdifferenz	29
2.5	Die elektrische Stromstärke	31
2.5.1	Die Stromrichtung	32
2.5.2	Die Messung der Stromstärke	33
2.5.3	Die Stromdichte	33
2.6	Der elektrische Widerstand	35
2.6.1	Das ohmsche Gesetz	35
2.6.2	Leiterwiderstand	36
2.6.3	Die Temperaturabhängigkeit des Widerstands	38
2.6.4	Nichtlineare Widerstände	40
2.7	Elektrische Arbeit und Leistung	42
2.7.1	Die elektrische Arbeit	42
2.7.2	Die elektrische Leistung	42
2.7.3	Umwandlung elektrischer Energie und Wirkungsgrad	43

3	Einfache Netzwerke an Gleichspannung (DC)	46
3.1	Stromkreis	46
3.2	Kirchhoffsche Gesetze	47
3.3	Ohmsches Gesetz	48
3.4	Reihenschaltung	49
3.5	Parallelschaltung	52
3.6	Gemischte Schaltungen	54
3.7	Anwendungsbeispiele	55
3.7.1	Unbelasteter Spannungsteiler	55
3.7.2	Belasteter Spannungsteiler	56
3.7.3	Erweitern des Strom- und Spannungsmessbereichs	57
3.7.4	Brückenschaltung	58
4	Komplexe Widerstandsnetzwerke an Gleichspannung	60
4.1	Umwandlung von Dreieck- in Sternschaltung und umgekehrt	60
4.2	Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	60
4.2.1	Ersatzspannungsquelle	61
4.2.2	Ersatzstromquelle	62
4.2.3	Vergleich von Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	63
4.3	Netzwerke mit mehreren Quellen: Lösung mithilfe der kirchhoffschen Gesetze	63
4.3.1	Lösung des Gleichungssystems „von Hand“	65
4.3.2	Rechnergestützte Lösung des Gleichungssystems	65
4.3.3	Überprüfung der Lösung per Simulation	66
4.3.4	Wie lassen sich Gleichungen finden, die voneinander unabhängig sind?	67
4.4	Netzwerke mit mehreren Quellen: Lösung durch Anwenden des Überlagerungssatzes	68
4.4.1	Berechnung eines Netzwerks mit Ersatzquelle und Überlagerungssatz ...	70
4.5	Netzwerke mit mehreren Quellen: Lösung durch Anwenden der Maschenstromanalyse	74
5	Reale Gleichspannungsquellen	82
5.1	Das Verhalten idealer Quellen	82
5.2	Die reale Spannungsquelle	82
5.3	Anpassung	84
5.4	Die ideale und die reale Stromquelle	86

6	Das elektrische Feld	89
6.1	Polarisation und Influenz	89
6.2	Definition und Nachweis des elektrischen Feldes	90
6.3	Das coulombsche Kraftgesetz	92
6.4	Die elektrische Feldstärke	96
6.5	Feldlinien	98
6.6	Arbeit und potenzielle Energie einer Ladung q im elektrischen Feld	102
6.6.1	Elektrische Arbeit im homogenen Feld	102
6.6.2	Elektrische Arbeit im Radialfeld einer Punktladung	104
6.7	Potenzielle Energie und Potenzial	106
6.8	Erregung des elektrischen Feldes und die elektrische Flussdichte \vec{D}	109
6.9	Materie im elektrischen Feld	111
6.9.1	Nichtleiter im elektrischen Feld	111
6.9.2	Leiter im elektrischen Feld	112
6.10	Kondensatoren	114
6.10.1	Die Kapazität eines Kondensators	114
6.10.2	Energie des aufgeladenen Kondensators und des elektrischen Feldes	115
7	Magnetische Felder	118
7.1	Experimentelle Befunde	118
7.2	Beschreibung magnetischer Felder durch ihre Grundgrößen	121
7.2.1	Die magnetische Feldstärke und die Durchflutung	121
7.2.2	Der magnetische Fluss	123
7.2.3	Die magnetische Flussdichte	123
7.2.4	Zusammenhang zwischen der Ursachengröße θ und Wirkung Φ beim magnetischen Feld: das ohmsche Gesetz des magnetischen Kreises	125
7.2.5	Magnetische Kreise mit Eisenkern – Materie im magnetischen Feld	127
7.2.6	Hysterese	128
7.2.7	Magnetwerkstoffe	129
7.3	Kraftwirkungen zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern sowie zwischen Magnetfeld und stromdurchflossenem Leiter	130
7.3.1	Das Motorprinzip	131
7.3.2	Kraft auf bewegte Ladungsträger (Lorentzkraft)	133
7.4	Induktionsgesetz	134
7.4.1	Magnetischer Fluss	134
7.4.2	Der Induktionsvorgang	134
7.4.3	Lenzsche Regel	137

7.5	Selbstinduktion und Induktivität	138
7.6	Wirbelströme	139
7.7	Die Energie des magnetischen Feldes	140
8	Kondensator und Spule an Gleichspannung (DC)	143
8.1	Aufbau von Kondensatoren	143
8.2	Aufbau von Spulen	144
8.3	Reihenschaltung von Kondensatoren und Spulen	145
8.3.1	Reihenschaltung von Kondensatoren	145
8.3.2	Reihenschaltung von Spulen	146
8.4	Parallelschaltung von Kondensatoren und Spulen	147
8.4.1	Parallelschaltung von Kondensatoren	147
8.4.2	Parallelschaltung von Spulen	148
8.5	Lade- und Entladevorgang an einem Kondensator	149
8.6	Lade- und Entladevorgang an einer Spule	153
9	Grundlagen der Wechselstromtechnik	161
9.1	Darstellungen und Beschreibung von sinusförmigen Spannungen und Strömen	161
9.1.1	Beschreibungsmittel Liniendiagramm	162
9.1.2	Beschreibungsmittel Zeigerdiagramm	162
9.1.3	Beschreibungsmittel Funktionsgleichung	163
9.2	Mittelwerte von periodisch zeitabhängigen Größen	167
9.2.1	Effektivwert	167
9.2.2	Arithmetischer Mittelwert	170
9.2.3	Gleichrichtwert	172
9.2.4	Scheitelfaktor (Crestfaktor)	172
9.2.5	Formfaktor	173
9.3	Addition und Subtraktion von frequenzgleichen Wechselgrößen	176
9.3.1	Addition von zwei sinusförmigen Wechselspannungen mit gleicher Phasenlage	176
9.3.2	Addition von zwei sinusförmigen Wechselspannungen mit unterschiedlicher Phasenlage	178
9.3.3	Subtraktion von zwei sinusförmigen Wechselspannungen	179
9.4	Einführung in die komplexe Rechnung	180
9.4.1	Komplexe Darstellung sinusförmiger Größen	181
9.4.2	Beschreibung von Bauelementen mithilfe der komplexen Rechnung	184
9.4.3	Komplexe Leistung	186

10	Kondensator und Spule an Wechselspannung (AC)	189
10.1	Kondensator im Wechselstromkreis	189
10.1.1	Blindwiderstand und Phasenverschiebung beim Kondensator	189
10.1.2	Frequenzverhalten des Kondensators	190
10.1.3	Komplexe Darstellung	191
10.2	Spule im Wechselstromkreis	192
10.2.1	Blindwiderstand und Phasenverschiebung bei der Spule	192
10.2.2	Frequenzverhalten der Spule	194
10.2.3	Komplexe Darstellung	194
10.3	Grundsaltungen von Spule, Kondensator und Widerstand	195
10.3.1	Reihenschaltung von ohmschem Widerstand und Kondensator	195
10.3.2	Reihenschaltung von ohmschem Widerstand und Spule	198
10.3.3	Reihenschaltung von ohmschem Widerstand, Kondensator und Spule	200
10.3.4	Parallelschaltung von ohmschem Widerstand und Kondensator	202
10.3.5	Parallelschaltungen von ohmschem Widerstand und Spule	204
10.3.6	Parallelschaltungen von ohmschem Widerstand, Spule und Kondensator	205
10.4	Frequenzverhalten von RC- und RL-Schaltungen	207
10.4.1	Frequenzverhalten von RC-Reihenschaltungen	208
10.4.2	Frequenzverhalten von RL-Reihenschaltungen	213
10.4.3	Frequenzverhalten von RC- und RL-Parallelschaltungen	216
10.5	Ortskurven von RL- und RC-Schaltungen	216
10.5.1	Ortskurven für RC-Schaltungen	217
10.5.2	Ortskurven für RL-Schaltungen	218
11	Filter und Schwingkreise	222
11.1	Filtertypen	222
11.2	Der RC-Tiefpass – Verhalten im Frequenzbereich	223
11.2.1	Die Grenzfrequenz f_g	223
11.2.2	Logarithmische Darstellung des Betragsfrequenzgangs	224
11.2.3	Verhalten der RC-Schaltung im Zeitbereich – Ansteuerung mit einem Spannungssprung	229
11.3	Der RC-Hochpass	230
11.3.1	Beschreibung im Frequenzbereich	230
11.3.2	Beschreibung des CR-Gliedes im Zeitbereich – Ansteuerung mit einem Spannungssprung	231
11.4	Der Bandpass	232
11.5	Schwingkreise – Resonanzkreise	233
11.5.1	Freie und erzwungene Schwingungen	233
11.5.2	Der Reihenschwingkreis	235
11.5.3	Der Parallelschwingkreis	238

12	Drehstromsystem	242
12.1	Prinzipieller Aufbau eines Drehstromgenerators und die Drehstromerzeugung	242
12.2	Verkettung	243
12.3	Zeigerdiagramm des Vierleiter-Dreiphasensystems	245
12.4	Elektrische Drehstromverbraucher am Vierleiter-Dreiphasensystem	246
12.4.1	Symmetrische und unsymmetrische Drehstromverbraucher in Sternschaltung	246
12.4.2	Symmetrische und unsymmetrische Drehstromverbraucher in Dreieckschaltung	251
12.5	Die Leistung im Drehstromnetz	254
12.5.1	Bestimmung der Drehstromleistung bei symmetrischer Last	254
	Sachwortverzeichnis	259
	Bildquellenverzeichnis	263