

Michael Felleisen

Elektrotechnik für Dummies

Fachkorrektur von Christian Müller

Lektorat von Tobias Schwaibold

WILEY

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Inhaltsverzeichnis

Einführung	23
Über dieses Buch	25
Konventionen in diesem Buch	26
Was Sie nicht lesen müssen	26
Törichte Annahmen über den Leser	26
Wie dieses Buch aufgebaut ist	27
Teil I: Größen der Elektrotechnik und ihre Zusammenhänge	27
Teil II: Stromkreise und ihre Widerstände	27
Teil III: Elektrisches Feld und Kondensator	28
Teil IV: Magnetisches Feld und Spule	29
Teil V: Elektromagnetische Felder und der Gleichstrommotor	29
Teil VI: Grundlagen der Wechselstromtechnik	30
Teil VII: Der Top-Ten-Teil	30
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	30
Wie es weitergeht	31
Teil I	
Größen der Elektrotechnik und ihre Zusammenhänge	33
Kapitel 1	
Die wesentlichen mathematischen Grundlagen	35
Physikalische Größen und deren Einheiten	35
Skalare und Vektoren zur Darstellung von Feldern	38
Aus zwei mach eins: Vektoren addieren	40
Das Skalarprodukt verbindet Vektoren	41
Das Vektorprodukt mit dem Kreuz	42
Dreiecke und ihre Winkel	43
Ohne Schwingungen geht es nicht..	44
An Ableitung und Integration führt kein Weg vorbei	45
Kapitel 2	
Potz Blitz! Elektrisches Feld und Anwendungen der Elektrotechnik	49
Das elektrische Feld und sein Drumherum	49
Praktische Elektrotechnik im Alltag	51

Kapitel 3	
Aus einer Ladung wird elektrischer Strom	53
Der elektrische Strom und sein Fluss	53
Ohne Spannungsquelle fließt kein Strom	55
Die Kraft, die alles zusammenhält	57
Kapitel 4	
Wenn die Spannung keinen Widerstand hätte ...	61
Die Entstehung der elektrischen Spannung	61
Elektrischer Widerstand und dessen Leitwert	63
Abhängigkeit des elektrischen Widerstands R	64
Temperaturabhängigkeit elektrischer Widerstände	66
Kapitel 5	
Die Spannung ist Strom mal Widerstand	69
Das ohmsche Gesetz	69
Muskelkater ade – elektrische Arbeit ersetzt Muskelkraft	71
Teil II	
Stromkreise und ihre Widerstände	75
Kapitel 6	
Stecker rein – woher der Strom kommt	77
Bezüge und Richtungen – das Zählpeilsystem	77
Das Innenleben der Steckdose	78
Kurzschlussfall $R_V = 0$	80
Leerlauf $R_V \rightarrow \infty$	81
Anpassung $R_V = R_i$	82
Spannungs- und Stromquelle ideal gesehen	85
Kapitel 7	
Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen	87
In Reih und Glied – die Reihenschaltung	87
Die Parallelschaltung	90
Kapitel 8	
Ströme teilen und Spannungen fangen – die kirchhoffschen Gesetze	95
Die Knotenregel	95
Die Maschenregel	96
Ein Cocktail aus Knoten und Maschen	97
Die erweiterte Reihenschaltung	97

Die erweiterte Parallelschaltung	101
Ein Rechenbeispiel zum Üben	104
Geteilte Spannungen im belasteten Spannungsteiler	106
Die wheatstonesche Brückenschaltung	107

Teil III

Elektrisches Feld und Kondensator **111**

Kapitel 9

Von der Feldstärke zum Potenzial **113**

Volle Ladung – die Wirkung des elektrischen Feldes	114
Feldstärke im homogenen Feld	114
Experimentelle Darstellung der elektrischen Feldstärke mithilfe des Plattenkondensators	116
Mathematische Herleitung der elektrischen Feldstärke	118
Feldstärke im inhomogenen Feld	119
Das Potenzial und der kleine, aber feine Unterschied	120

Kapitel 10

Der elektrische Fluss und seine Begleiter **123**

Aus Influenz wird elektrischer Fluss	123
Die elektrische Flussdichte treibt an	124
Dielektrizitätskonstante und der Materialeinfluss	127

Kapitel 11

Berechnung elektrostatischer Felder **129**

Feld der geladenen Kugel	129
1. Schritt: Ein Bild sagt mehr als tausend Worte	130
2. Schritt: Lösungsansatz (mathematisches Modell)	130
3. Schritt: Randbedingungen definieren	131
4. Schritt: Lösung	131
Feld in der Umgebung mehrerer Ladungen	133
1. Schritt: Skizze erstellen	134
2. Schritt: Berechnung der einzelnen Felder E_1 und E_2	134
3. Schritt: Lösung für das gesamte E-Feld im Punkt P	134
Feld eines langen, geraden Leiters	135
1. Schritt: Skizze erstellen	135
2. Schritt: Lösungsansatz	135
3. Schritt: Randbedingungen	136

Kapitel 12**Die Kapazität des Kondensators****139**

Definition der Kapazität	139
Die Kapazität des Plattenkondensators	140
1. Schritt: Skizze erstellen	140
2. Schritt: Lösungsansatz	141
3. Schritt: Lösung über die Gleichung für die Kapazität	141
Die Kapazität des Kugelkondensators	142
1. Schritt: Skizze erstellen	143
2. Schritt: Berechnung der Kapazität	143
Die Kapazität des Zylinderkondensators	146
1. Schritt: Skizze erstellen	146
2. Schritt: Lösungsansatz	147
Kondensatoren verschaltet	148
Parallel an der Spannungsquelle	149
In Reihe an der Spannungsquelle	149

Kapitel 13**Die Energie des elektrostatischen Feldes****153**

Volle Scheunen – ein Kondensator wird aufgeladen	153
1. Schritt: Anwendung der Maschenregel	154
2. Schritt: Lösen der Differenzialgleichung	155
3. Schritt: k über Anfangsbedingungen bestimmen	157
4. Schritt: Ermitteln des Kennlinienverlaufs	157
5. Schritt: Dynamische Charakteristik	158
Der Kondensator entlädt sich wieder	159
Dann war da noch die Spannung am Widerstand ...	160

Kapitel 14**Energiedichte und wirkende Kräfte im Kondensator****163**

Energiedichte im elektrostatischen Feld	163
Kräfte zwischen Elektroden	164

Teil IV**Magnetisches Feld und Spule****167****Kapitel 15****Das Magnetfeld stromdurchflossener Leiter****169**

Magnetische Grundformen	170
Der Stab unter den Magneten	170
Magnetfeld eines langen, stromdurchflossenen Leiters	170
Die Zylinderspule	172
Der Spezialist: Ringkern- oder Toroidspule	173

Kapitel 16	
Magnetische Feldgrößen	175
Magnetische Feldstärke und Durchflutung	175
Vom magnetischen Fluss zur Flussdichte	178
Kapitel 17	
Das Durchflutungsgesetz	183
Von der Umlaufspannung zur Durchflutung	183
Experimentelle Überprüfung des Durchflutungsgesetzes	185
Anwendungsbeispiel zum Durchflutungsgesetz	187
1. Schritt: Skizze erstellen	187
2. Schritt: Lösungsansatz	188
3. Schritt: Randbedingungen definieren	188
4. Schritt: Lösung	188
Kapitel 18	
Ohmsches Gesetz auch im Magnetismus	195
Kapitel 19	
Volle Power – Kräfte im magnetischen Feld	199
Der stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	199
Bewegte Ladung im Magnetfeld – die Lorentzkraft	203
Leiter ziehen sich an!	203
Kapitel 20	
Induktionswirkung frei nach Faraday	205
Bewegte Leiter im Magnetfeld – Induktion durch Bewegung	205
Kapitel 21	
Auch das noch: Selbstinduktion	209
Entstehung und Wirkung der Selbstinduktion	207
Induktivität von Eisenspulen und Permeabilität	209
Ähnliche Geschwister – Analogien des elektrischen und des magnetischen Feldes	209
Teil V	
Elektromagnetische Felder und der Gleichstrommotor	215
Kapitel 22	
Bestens angetrieben – der Gleichstrommotor	217
Vom Geräteschema zum Ersatzschaltbild	217
Lorentz, mir graut vor dir – das Kraftgesetz	219

Ohne den Kommutator keine volle Umdrehung	221
Mit Höchstleistungen zum Wirkungsgrad	223
Wirkung des Induktionsgesetzes – Faraday sei Dank	224
Ersatzschaltbild des Gleichstrommotors	225
Elektrischer Teil des Motors	226
Mechanischer Teil des Motors	228

Kapitel 23

Bewegung erzeugt Antrieb

231

Kennwerte des Motors	231
Wirkungsgrad η des Motors	232
Drehmoment M_A des Motors	233
Erregungsarten des Motors	236
Fall mir nicht zur Last!	237
Das Lastmoment M_L des Lüfters	238
M_M - n -Kennlinie des Gleichstrommotors	239
Der Arbeitspunkt	239

Teil VI

Grundlagen der Wechselstromtechnik

243

Kapitel 24

Auf und ab – sinusförmige Wechselgrößen

245

Von der Gleich- zur Wechselgröße	245
Erzeugung einer Wechselgröße	247

Kapitel 25

Kennwerte sinusförmiger Wechselgrößen

251

Amplitude, Augenblickswert und Frequenz	251
Wer kommt vor wem? Die Phasenverschiebung	253
Phasenverschiebung der Spule	254
Phasenverschiebung des Kondensators	256
Mittelwerte von Wechselgrößen	256
Gleichanteil	257
Gleichrichtwert	257
Effektivwert, quadratischer oder geometrischer Mittelwert	258

Kapitel 26

Zeigerdarstellung von Wechselgrößen

263

Vom Zeiger- zum Liniendiagramm	263
--------------------------------	-----

Kapitel 27	
Grundsaltungen sinusförmiger Wechselgrößen	267
Der komplexe Widerstand	267
Ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis	270
Der induktive Blindwiderstand einer Spule	271
Der kapazitive Blindwiderstand des Kondensators	273
Vergleich der Grundsaltungen an Wechselstrom	274
Teil VII	
Der Top-Ten-Teil	277
Kapitel 28	
Zehn wichtige Erfinder der Elektrotechnik	279
Die quantitative Elektrostatik	279
Teilchen beginnen zu wirken – C.A. de Coulomb	279
Strömung elektrischer Ladungen – der Gleichstrom	279
Froschschenkel und andere Kuriositäten – Luigi Galvani	279
Nerven und Muskeln enthalten Elektrizität – Alessandro Volta	280
Widerstand zwischen Spannung und Strom – G.S. Ohm	281
Die Tücken von Knoten und Maschen – G.R. Kirchhoff	282
Das Wunder des magnetischen Feldes	283
Die unheimliche Kraft des Stroms – H.C. Oersted	283
Elektrische Ströme und Magnetismus sind eins – M. Faraday	283
Die Welt der wechselwirkenden Ströme	285
Die Messung des elektrischen Stroms – A.-M. Ampère	285
Vom dynamoelektrischen Prinzip zum Firmengründer – W. von Siemens	285
Der Vater der Frequenzen – Heinrich Rudolf Hertz	287
Kapitel 29	
Zehn technologische Fortschritte zum Einsatz der Energie	289
1. Segelfahrzeug am Strand von Holland	289
2. Naturwissenschaftliche Beschreibung durch die Mathematik	289
3. Kraft	289
4. Energie	289
5. Elektrizität	290
6. Volta-Säule	290
7. Es werde Licht!	290
8. Strahlende Chemie	290
9. Kernenergie und die Atombombe	290
10. Heute	291

Kapitel 30

Zehn Schritte zum Bau eines Radios

293

Ein funktionsfähiges Radio bauen

293

Kapitel 31

Meine zehn Lieblingsbücher zur Elektrotechnik

295

Anhang

297

Stichwortverzeichnis

325