

Manfred Albach

Grundlagen der Elektrotechnik

Erfahrungssätze, Bauelemente,
Gleichstromschaltungen

PEARSON

Studium

ein Imprint von Pearson Education
München • Boston • San Francisco • Harlow, England
Don Mills, Ontario • Sydney • Mexico City
Madrid • Amsterdam

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9	
Kapitel 1	Das elektrostatische Feld	1 1
1.1	Die elektrische Ladung	11
1.2	Das Coulomb'sche Gesetz	12
1.3	Die elektrische Feldstärke	13
1.4	Überlagerung von Feldern	15
1.5	Kräfte zwischen Ladungsverteilungen	17
1.6	Ladungsdichten	19
1.7	Darstellung von Feldern	21
1.7.1	Feldbild für zwei Punktladungen	22
1.7.2	Qualitative Darstellung von Feldbildern	24
1.8	Das elektrostatische Potential	25
1.8.1	Das Potential einer Punktladung	27
1.8.2	Äquipotentialflächen	28
1.9	Die elektrische Spannung	30
1.10	Die elektrische Flussdichte	30
1.11	Das Verhalten der Feldgrößen bei einer Flächenladung	32
1.12	Feldstärke an leitenden Oberflächen	36
1.13	Die Influenz	38
1.13.1	Dünne leitende Platten im homogenen Feld	38
1.13.2	Im leitenden Körper eingeschlossener Hohlraum	40
1.14	Die dielektrische Polarisierung	42
1.15	Kräfte im inhomogenen Feld	48
1.16	Sprungstellen der Dielektrizitätskonstanten	49
1.17	Die Kapazität	51
1.17.1	Der Plattenkondensator	52
1.17.2	Der Kugelkondensator	53
1.18	Einfache Kondensatornetzwerke	54
1.19	Praktische Ausführungsformen von Kondensatoren	56
1.19.1	Der Vielschichtkondensator	56
1.19.2	Der Drehkondensator	57
1.19.3	Der Wickelkondensator	57
1.20	Die Teilkapazitäten	58
1.21	Der Energieinhalt des Feldes	58

Kapitel 2	Das stationäre elektrische Strömungsfeld	63
2.1	Der elektrische Strom	63
2.2	Die Stromdichte	66
2.3	Definition des stationären Strömungsfeldes	68
2.4	Ladungsträgerbewegung im Leiter	69
2.5	Die spezifische Leitfähigkeit und der spezifische Widerstand	71
2.6	Das Ohm'sche Gesetz	73
2.7	Praktische Ausführungsformen von Widerständen	78
2.7.1	Festwiderstände	78
2.7.2	Einstellbare Widerstände	80
2.7.3	Weitere Widerstände	81
2.8	Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen	81
2.8.1	Verschwindende Leitfähigkeit in einem Teilbereich	83
2.8.2	Perfekte Leitfähigkeit in einem Teilbereich	84
2.9	Energie und Leistung	84
Kapitel 3	Einfache elektrische Netzwerke	87
3.1	Zählpfeile	88
3.2	Spannungs- und Stromquellen	89
3.3	Zählpfeilsysteme	91
3.4	Die Kirch hoffschen Gleichungen	92
3.5	Einfache Widerstandsnetzwerke	95
3.5.1	Der Spannungsteiler	98
3.5.2	Der belastete Spannungsteiler	100
3.5.3	Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes	101
3.5.4	Der Stromteiler	102
3.5.5	Messbereichserweiterung eines Strommessgerätes	103
3.6	Reale Spannungs- und Stromquellen	104
3.7	Wechselwirkungen zwischen Quelle und Verbraucher	106
3.7.1	Zusammenschaltung von Spannungsquellen	106
3.7.2	Leistungsanpassung	107
3.7.3	Wirkungsgrad	110
3.8	Das Überlagerungsprinzip	111
3.9	Analyse umfangreicher Netzwerke	113
Kapitel 4	Stromleitungsmechanismen	119
4.1	Stromleitung im Vakuum	119
4.2	Stromleitung in Gasen	124
4.3	Stromleitung in Flüssigkeiten	125
4.4	Ladungstransport in Halbleitern	129
4.4.1	Der pn-Übergang	133
4.4.2	Die Diode	136

Kapitel 5	Das stationäre Magnetfeld	1 39
5.1	Magnete	139
5.2	Kraft auf stromdurchflossene dünne Leiter	141
5.3	Kraft auf geladene Teilchen	145
5.4	Definition der Stromstärke	145
5.5	Die magnetische Feldstärke	147
5.6	Das Oersted'sche Gesetz	148
5.7	Die magnetische Feldstärke einfacher Leiteranordnungen	151
	5.7.1 Unendlich langer kreisförmiger Linienleiter	151
	5.7.2 Toroidspule	152
	5.7.3 Langgestreckte Zylinderspule	154
5.8	Die magnetische Spannung	156
5.9	Der magnetische Fluss	157
5.10	Die magnetische Polarisation	158
	5.10.1 Diamagnetismus	161
	5.10.2 Paramagnetismus	162
	5.10.3 Ferromagnetismus	162
	5.10.4 Dauermagnete	165
5.11	Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen	166
5.12	Die Analogie zwischen elektrischem und magnetischem Kreis	169
5.13	Die Induktivität	172
	5.13.1 Induktivität der Ringkernspule	174
	5.13.2 Induktivität einer Doppelleitung	176
5.14	Der magnetische Kreis mit Luftspalt und der AL-Wert	1 79
	5.14.1 Zusammenhang von Luftspalllänge und Windungszahl	181
	5.14.2 Zusammenhang von Luftspalllänge und Flussdichte	183
5.15	Praktische Ausführungsformen von Induktivitäten	184
	5.15.1 Drahtgewickelte Luftspulen	185
	5.15.2 Planare Luftspulen	187
	5.15.3 Spulen mit hochpermeablen Kernen	188
Kapitel 6	Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld	189
6.1	Das Induktionsgesetz	189
6.2	Die Selbstinduktion	202
6.3	Einfache Induktivitätsnetzwerke	203
6.4	Die Gegeninduktion	204
	6.4.1 Die Gegeninduktivität zweier Doppelleitungen	208
	6.4.2 Die Koppelfaktoren	211
6.5	Der Energieinhalt des Feldes	212
	6.5.1 Die Energieberechnung aus den Feldgrößen	215
	6.5.2 Die Hystereseverluste	217
6.6	Anwendung der Bewegungsinduktion	219
	6.6.1 Das Generatorprinzip	219
	6.6.2 Das Drehstromsystem	222

6.7	Anwendung der Ruheinduktion	226
6.7.1	Der verlustlose Übertrager	226
6.7.2	Die Punktkonvention	231
6.7.3	Der verlustlose streufreie Übertrager	234
6.7.4	Der ideale Übertrager	235
6.7.5	Die Widerstandstransformation	237
6.7.6	Ersatzschaltbilder für den verlustlosen Übertrager	238
6.7.7	Der verlustbehaftete Übertrager	243
6.7.8	Der Spartransformator	243
Anhang A	Vektoren	245
A.1	Einheitsvektoren	246
A.2	Einfache Rechenoperationen mit Vektoren	247
A.2.1	Addition und Subtraktion von Vektoren	247
A.2.2	Multiplikation von Vektor und Skalar	247
A.3	Das Skalarprodukt	248
A.4	Das Vektorprodukt	249
A.5	Zerlegung eines Vektors in seine Komponenten	250
A.6	Vektorbeziehungen in Komponentendarstellung	251
A.7	Formeln zur Vektorrechnung	252
Anhang B	Orthogonale Koordinatensysteme	253
B.1	Das kartesische Koordinatensystem	254
B.2	Krummlinige orthogonale Koordinatensysteme	255
B.3	Die Zylinderkoordinaten	257
B.4	Die Kugelkoordinaten	259
Anhang C	Ergänzungen zur Integralrechnung	261
C.1	Das Linienintegral einer vektoriellen Größe	261
C.2	Der Fluss eines Vektorfeldes	264
Anhang D	Physikalische Grundbegriffe	269
D.1	Physikalische Größen	269
D.2	Physikalische Gleichungen	272
D.2.1	Größengleichungen	272
D.2.2	Zugeschnittene Größengleichungen	273
	Literaturverzeichnis	275
	Verzeichnis der verwendeten Symbole	277
	Griechisches Alphabet	283
	Koordinatensysteme	284
	Sachregister	287