

Inhaltsübersicht

Vorwort		15
Teil I	Erfahrungssätze, Bauelemente, Gleichstromschaltungen	19
Kapitel 1	Das elektrostatische Feld	21
Kapitel 2	Das stationäre elektrische Strömungsfeld	85
Kapitel 3	Einfache elektrische Netzwerke	115
Kapitel 4	Stromleitungsmechanismen	157
Kapitel 5	Das stationäre Magnetfeld	181
Kapitel 6	Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld	239
Teil II	Periodische und nicht periodische Signalformen	309
Kapitel 7	Der Übergang zu den zeitabhängigen Strom- und Spannungsformen	311
Kapitel 8	Wechselspannung und Wechselstrom	325
Kapitel 9	Zeitlich periodische Vorgänge beliebiger Kurvenform	421
Kapitel 10	Schaltvorgänge in einfachen elektrischen Netzwerken	461
Kapitel 11	Die Laplace-Transformation	511
Anhang A	Vektoren	545
Anhang B	Orthogonale Koordinatensysteme	553
Anhang C	Ergänzungen zur Integralrechnung	561

Anhang D	Physikalische Grundbegriffe	569
Anhang E	Komplexe Zahlen	575
Anhang F	Ergänzungen zu den Ortskurven	583
Anhang G	Ergänzungen zur Fourier-Entwicklung	593
Anhang H	Kleine mathematische Formelsammlung	603
	Literaturverzeichnis	613
	Verzeichnis der verwendeten Symbole	615
	Register	623

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	15	
Teil I		
Erfahrungssätze, Bauelemente, Gleichstromschaltungen	19	
Kapitel 1	Das elektrostatische Feld	21
1.1	Die elektrische Ladung	23
1.2	Das Coulomb'sche Gesetz	24
1.3	Die elektrische Feldstärke	25
1.4	Überlagerung von Feldern	27
1.5	Kräfte zwischen Ladungsverteilungen	30
1.6	Ladungsdichten	32
1.7	Darstellung von Feldern	33
1.7.1	Feldbild für zwei Punktladungen	35
1.7.2	Qualitative Darstellung von Feldbildern	37
1.8	Das elektrostatische Potential	37
1.8.1	Das Potential einer Punktladung	40
1.8.2	Äquipotentialflächen	42
1.9	Die elektrische Spannung	43
1.10	Die elektrische Flussdichte	44
1.11	Das Verhalten der Feldgrößen bei einer Flächenladung	47
1.12	Feldstärke an leitenden Oberflächen	51
1.13	Die Influenz	53
1.13.1	Dünne leitende Platten im homogenen Feld	53
1.13.2	Im leitenden Körper eingeschlossener Hohlraum	55
1.14	Die dielektrische Polarisierung	57
1.15	Kräfte im inhomogenen Feld	63
1.16	Sprungstellen der Dielektrizitätskonstanten	64
1.17	Die Kapazität	66
1.17.1	Der Plattenkondensator	67
1.17.2	Der Kugelkondensator	68
1.18	Einfache Kondensatornetzwerke	71
1.19	Praktische Ausführungsformen von Kondensatoren	73
1.19.1	Der Vielschichtkondensator	73
1.19.2	Der Drehkondensator	74
1.19.3	Der Wickelkondensator	75
1.20	Die Teilkapazitäten	75
1.21	Der Energieinhalt des Feldes	76
	Zusammenfassung	80
	Übungsaufgaben	81

Kapitel 2	Das stationäre elektrische Strömungsfeld	85
2.1	Der elektrische Strom	87
2.2	Die Stromdichte	89
2.3	Definition des stationären Strömungsfeldes	92
2.4	Ladungsträgerbewegung im Leiter	92
2.5	Die spezifische Leitfähigkeit und der spezifische Widerstand	94
2.6	Das Ohm'sche Gesetz	97
2.7	Praktische Ausführungsformen von Widerständen	102
	2.7.1 Festwiderstände	102
	2.7.2 Einstellbare Widerstände	104
	2.7.3 Weitere Widerstände	104
2.8	Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen	105
	2.8.1 Verschwindende Leitfähigkeit in einem Teilbereich	107
	2.8.2 Perfekte Leitfähigkeit in einem Teilbereich	107
2.9	Energie und Leistung	108
	Zusammenfassung	111
	Übungsaufgaben	112
Kapitel 3	Einfache elektrische Netzwerke	115
3.1	Zählpfeile	117
3.2	Spannungs- und Stromquellen	119
3.3	Zählpfeilsysteme	121
3.4	Die Kirchhoffschen Gleichungen	121
3.5	Einfache Widerstandsnetzwerke	125
	3.5.1 Der Spannungsteiler	130
	3.5.2 Der belastete Spannungsteiler	132
	3.5.3 Messbereichserweiterung eines Spannungsmessgerätes	134
	3.5.4 Der Stromteiler	135
	3.5.5 Messbereichserweiterung eines Strommessgerätes	136
	3.5.6 Widerstandsmessung	136
3.6	Reale Spannungs- und Stromquellen	139
3.7	Wechselwirkungen zwischen Quelle und Verbraucher	141
	3.7.1 Zusammenschaltung von Spannungsquellen	141
	3.7.2 Leistungsanpassung	142
	3.7.3 Wirkungsgrad	145
3.8	Das Überlagerungsprinzip	147
3.9	Analyse umfangreicher Netzwerke	149
	Zusammenfassung	154
	Übungsaufgaben	155
Kapitel 4	Stromleitungsmechanismen	157
4.1	Stromleitung im Vakuum	159
4.2	Stromleitung in Gasen	163
4.3	Stromleitung in Flüssigkeiten	164

4.4	Ladungstransport in Halbleitern	168
4.4.1	Der <i>pn</i> -Übergang	172
4.4.2	Die Diode	175
	Zusammenfassung	177
	Übungsaufgaben	178

Kapitel 5 Das stationäre Magnetfeld 181

5.1	Magnete	183
5.2	Kraft auf stromdurchflossene dünne Leiter	185
5.3	Kraft auf geladene Teilchen	189
5.4	Definition der Stromstärke	189
5.5	Die magnetische Feldstärke	192
5.6	Das Oersted'sche Gesetz	193
5.7	Die magnetische Feldstärke einfacher Leiteranordnungen	195
5.7.1	Unendlich langer kreisförmiger Linienleiter	195
5.7.2	Toroidspule	196
5.7.3	Lang gestreckte Zylinderspule	198
5.8	Die magnetische Spannung	200
5.9	Der magnetische Fluss	201
5.10	Die magnetische Polarisation	201
5.10.1	Diamagnetismus	205
5.10.2	Paramagnetismus	205
5.10.3	Ferromagnetismus	206
5.10.4	Dauermagnete	208
5.11	Das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen	210
5.12	Die Analogie zwischen elektrischem und magnetischem Kreis	212
5.13	Die Induktivität	216
5.13.1	Induktivität der Ringkernspule	217
5.13.2	Induktivität einer Doppelleitung	219
5.14	Der magnetische Kreis mit Luftspalt und der A_L -Wert	223
5.14.1	Zusammenhang von Luftspaltlänge und Windungszahl	225
5.14.2	Zusammenhang von Luftspaltlänge und Flussdichte	227
5.15	Praktische Ausführungsformen von Induktivitäten	229
5.15.1	Drahtgewickelte Luftspulen	229
5.15.2	Planare Luftspulen	232
5.15.3	Spulen mit hochpermeablen Kernen	232
	Zusammenfassung	234
	Übungsaufgaben	235

Kapitel 6 Das zeitlich veränderliche elektromagnetische Feld 239

6.1	Das Induktionsgesetz	241
6.2	Die Selbstinduktion	254
6.3	Einfache Induktivitätsnetzwerke	255
6.4	Die Gegeninduktion	256
6.4.1	Die Gegeninduktivität zweier Doppelleitungen	260
6.4.2	Die Koppelfaktoren	265

6.5	Der Energieinhalt des Feldes	266
6.5.1	Die Energieberechnung aus den Feldgrößen	269
6.5.2	Die Hystereseverluste	271
6.6	Anwendung der Bewegungsinduktion	273
6.6.1	Das Generatorprinzip	273
6.6.2	Das Drehstromsystem	276
6.7	Anwendung der Ruheinduktion	280
6.7.1	Der verlustlose Übertrager	281
6.7.2	Die Punktkonvention	286
6.7.3	Der verlustlose streufreie Übertrager	292
6.7.4	Der ideale Übertrager	293
6.7.5	Die Widerstandstransformation	295
6.7.6	Ersatzschaltbilder für den verlustlosen Übertrager	295
6.7.7	Der verlustbehaftete Übertrager	300
6.7.8	Der Spartransformator	301
	Zusammenfassung	303
	Übungsaufgaben	304

**Teil II Periodische und nicht periodische
Signalformen** 309

**Kapitel 7 Der Übergang zu den zeitabhängigen Strom-
und Spannungsformen** 311

7.1	Vorbetrachtungen	312
7.2	Modellbildung	314
7.3	Quasistationäre Rechnung	315
7.4	Die Netzwerkanalyse	316
7.5	Kurvenformen und ihre Kenngrößen bei zeitlich periodischen Vorgängen	317
	Zusammenfassung	322
	Übungsaufgaben	323

Kapitel 8 Wechselfspannung und Wechselstrom 325

8.1	Das Zeigerdiagramm	327
8.1.1	Der ohmsche Widerstand an Wechselfspannung	331
8.1.2	Die Induktivität an Wechselfspannung	332
8.1.3	Die Kapazität an Wechselfspannung	333
8.2	Komplexe Wechselstromrechnung	337
8.2.1	Der Übergang zur symbolischen Methode	337
8.2.2	Die Berechnung von Netzwerken mit der symbolischen Methode	338
8.2.3	Gegenüberstellung der unterschiedlichen Vorgehensweisen . . .	344
8.2.4	Strom-Spannungs- und Widerstandsdiagramm	349
8.2.5	Umrechnung zwischen Impedanz und Admittanz	350
8.3	Frequenzabhängige Spannungsteiler	352

8.4	Frequenzkompensierter Spannungsteiler	358
8.5	Resonanzerscheinungen	360
	8.5.1 Der Serienschwingkreis	360
	8.5.2 Der Parallelschwingkreis	369
8.6	Wechselstrom-Messbrücken	375
	8.6.1 Die Wien-Brücke	376
	8.6.2 Die Maxwell-Wien-Brücke	378
8.7	Ortskurven	379
	8.7.1 Ortskurve für die Impedanz einer RL-Reihenschaltung	380
	8.7.2 Umrechnung zwischen Impedanz und Admittanz	381
	8.7.3 Ortskurve für die Admittanz einer RL-Reihenschaltung	384
	8.7.4 Allgemeine Gesetzmäßigkeiten bei der Inversion von Ortskurven	385
	8.7.5 Ortskurven bei komplizierteren Netzwerken	386
8.8	Energie und Leistung bei Wechselspannung	389
	8.8.1 Wirkleistung	390
	8.8.2 Blindleistung	391
	8.8.3 Scheinleistung und Leistungsfaktor	393
	8.8.4 Komplexe Leistung	398
8.9	Leistungsanpassung	400
	8.9.1 Lastimpedanz mit einstellbarem Wirk- und Blindwiderstand ..	401
	8.9.2 Reiner Wirkwiderstand als Verbraucher	402
8.10	Blindstromkompensation	403
8.11	Leistung beim Drehstromsystem	405
	8.11.1 Sternschaltung mit Sternpunktleiter	405
	8.11.2 Sternschaltung ohne Sternpunktleiter	407
	8.11.3 Dreieckschaltung	410
	8.11.4 Besondere Eigenschaften des Drehstromsystems	412
	Zusammenfassung	417
	Übungsaufgaben	418
Kapitel 9 Zeitlich periodische Vorgänge beliebiger Kurvenform		421
9.1	Grundlegende Betrachtungen	423
9.2	Die Harmonische Analyse	427
	9.2.1 Die komplexe Form der Fourier-Reihe	433
	9.2.2 Vereinfachungen bei der Bestimmung der Fourier-Koeffizienten	435
	9.2.3 Tabellarische Zusammenstellung wichtiger Fourier-Reihen ...	442
	9.2.4 Die Linienspektren	443
9.3	Anwendung der Fourier-Reihen in der Schaltungsanalyse	444
	9.3.1 Der Ablaufplan	444
	9.3.2 Eine einfache Schaltung	445
	9.3.3 Die Erzeugung von Subharmonischen	447
	9.3.4 Effektivwert und Leistung	450
	9.3.5 Weitere Kenngrößen	456
	Zusammenfassung	459
	Übungsaufgaben	459

Kapitel 10	Schaltvorgänge in einfachen elektrischen Netzwerken	461
10.1	RC-Reihenschaltung an Gleichspannung	464
10.2	Reihenschaltung von Kondensator und Stromquelle	467
10.3	RL-Reihenschaltung an Gleichspannung	468
10.4	Parallelschaltung von Induktivität und Spannungsquelle	470
10.5	Schaltvorgänge in Netzwerken mit Wechselspannungsquellen	471
10.6	Quellen mit periodischen, nicht sinusförmigen Strom- und Spannungsformen	475
10.7	Konsequenzen aus den Stetigkeitsforderungen	477
10.8	Vereinfachte Analyse für Netzwerke mit einem Energiespeicher	478
	10.8.1 Kondensator und Widerstandsnetzwerk	478
	10.8.2 Induktivität und Widerstandsnetzwerk	480
10.9	Spannungswandlerschaltung	484
10.10	Wirkungsgradbetrachtungen bei Schaltvorgängen	488
10.11	Zusammenfassung	494
10.12	Netzwerke mit mehreren Energiespeichern	494
	10.12.1 Serienschwingkreis an Gleichspannung	499
	10.12.2 Serienschwingkreis an periodischer Spannung	503
	Zusammenfassung	507
	Übungsaufgaben	508
Kapitel 11	Die Laplace-Transformation	511
11.1	Das Fourier-Integral	513
11.2	Der Übergang zur Laplace-Transformation	522
11.3	Die Berechnung von Netzwerken mit der Laplace-Transformation	524
	11.3.1 Transformation in den Frequenzbereich	524
	11.3.2 Aufstellung und Lösung des Gleichungssystems	532
	11.3.3 Rücktransformation in den Zeitbereich	534
	Zusammenfassung	541
	Übungsaufgaben	542
Anhang A	Vektoren	545
A.1	Einheitsvektoren	547
A.2	Einfache Rechenoperationen mit Vektoren	547
	A.2.1 Addition und Subtraktion von Vektoren	547
	A.2.2 Multiplikation von Vektor und Skalar	548
A.3	Das Skalarprodukt	548
A.4	Das Vektorprodukt	549
A.5	Zerlegung eines Vektors in seine Komponenten	550
A.6	Vektorbeziehungen in Komponentendarstellung	551
A.7	Formeln zur Vektorrechnung	552

Anhang B	Orthogonale Koordinatensysteme	553
B.1	Das kartesische Koordinatensystem	554
B.2	Krummlinige orthogonale Koordinatensysteme	556
B.3	Die Zylinderkoordinaten	558
B.4	Die Kugelkoordinaten	559
Anhang C	Ergänzungen zur Integralrechnung	561
C.1	Das Linienintegral einer vektoriellen Größe	562
C.2	Der Fluss eines Vektorfeldes	565
Anhang D	Physikalische Grundbegriffe	569
D.1	Physikalische Größen	570
D.2	Physikalische Gleichungen	573
	D.2.1 Größengleichungen	573
	D.2.2 Zugeschnittene Größengleichungen	574
Anhang E	Komplexe Zahlen	575
E.1	Bezeichnungen	576
E.2	Rechenoperationen	579
Anhang F	Ergänzungen zu den Ortskurven	583
F.1	Beweis für die Gültigkeit des ersten Verfahrens	584
F.2	Beweis für die Gültigkeit des 2. Verfahrens	585
F.3	Die Inversion einer Geraden durch den Nullpunkt	586
F.4	Die Inversion einer Geraden, die nicht durch den Nullpunkt verläuft . .	587
F.5	Die Inversion eines Kreises	590
Anhang G	Ergänzungen zur Fourier-Entwicklung	593
G.1	Die Konvergenz der Fourier-Reihen	594
G.2	Das Gibbs'sche Phänomen	599
Anhang H	Kleine mathematische Formelsammlung	603
H.1	Additionstheoreme	604
H.2	Integrale	604
H.3	Fourier-Entwicklungen	606
H.4	Tabellen zur Laplace-Transformation	609
	Literaturverzeichnis	613
	Verzeichnis der verwendeten Symbole	615
	Register	623