

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Physikalische Größen	1
1.1.1	Zahlenwert und Einheit	1
1.1.2	Grundeinheiten	2
1.1.3	Größengleichung und Zahlenwertgleichung	3
1.1.4	Skalare und vektorielle Größen	4
1.2	Die Elektrizität und ihre Wirkungen	5
1.2.1	Elektrische Ladung, elektrischer Strom	5
1.2.2	Aufbau der Materie, Ladungsträger	6
1.2.3	Leiter und Nichtleiter	8
<b>2</b>	<b>Grundbegriffe und Grundgesetze des Gleichstroms</b>	<b>9</b>
2.1	Stromstärke, Spannung, Widerstand	9
2.1.1	Elektrische Stromstärke	9
2.1.2	Elektrische Spannung, elektrisches Potential	10
2.1.3	Elektrischer Widerstand und Leitwert	13
2.1.4	Bezugspfeile und Bezugssinn	17
2.1.5	Das Ohmsche Gesetz	18
2.1.6	Die Kirchhoffschen Sätze	18
2.1.7	Schaltung von Widerständen	22
2.1.8	Der innere Widerstand von Zweipolquellen	25
2.2	Leistung und Arbeit bei Gleichstrom	27
2.2.1	Elektrische Leistung, Joulesches Gesetz	27
2.2.2	Wärmeerzeugung	29
2.2.3	Leistungsanpassung	30
2.2.4	Übertragungsspannung und Leiterquerschnitt	32
2.3	Der einfache und verzweigte Gleichstromkreis	32
2.3.1	Strom- und Spannungsmessung	32
2.3.2	Spannungsteilung und Kompensation	35
2.3.3	Stromteilung	36
2.3.4	Brückenschaltungen	38
2.3.5	Netzumwandlung	39
2.3.6	Passive und aktive Zweipole (Eintore)	42
2.3.7	Überlagerungssatz und Satz von der Zweipolquelle	47
2.3.8	Lineare Vierpole (Zweitore)	51

2.4	Netzwerkanalyse	54
2.4.1	Allgemeines	54
2.4.2	Das Maschenverfahren	55
2.4.3	Das Knotenpunktsverfahren	56
2.4.4	Die Netzwerkgleichungen in Matrizenform	58
2.4.5	Anwendungen	59
<b>3</b>	<b>Das elektrische Feld</b>	<b>63</b>
3.1	Das elektrostatische Feld	63
3.1.1	Feldbegriff, Feldstärke, Potential und Spannung	63
3.1.2	Elektrischer Fluß und elektrische Flußdichte	67
3.1.3	Berechnung von Feldstärke und Potential	70
3.1.4	Elektrische Polarisaton	72
3.1.5	Grenzflächen	74
3.1.6	Der Kondensator, Kondensatorschaltungen	75
3.1.7	Graphische Feld- und Kapazitätsermittlung	79
3.2	Grunderscheinungen des elektrischen Strömungsfeldes	81
3.2.1	Räumliche elektrische Strömung	81
3.2.2	Randbedingungen des Strömungsfeldes	82
3.2.3	Widerstandsberechnung räumlicher Leiter	84
<b>4</b>	<b>Das magnetische Feld</b>	<b>86</b>
4.1	Grundbegriffe und Feldgrößen	86
4.1.1	Grundbegriffe	86
4.1.2	Magnetischer Fluß, magnetische Flußdichte	88
4.1.3	Magnetische Feldstärke, Permeabilität	90
4.1.4	Magnetfeld in Materie, Ferromagnetismus	97
4.2	Der magnetische Kreis	103
4.2.1	Durchflutung, Durchflutungsgesetz	103
4.2.2	Streuung an Grenzflächen	105
4.2.3	Erregerwicklung und Wicklungsdaten	107
4.2.4	Berechnung magnetischer Kreise	108
4.2.5	Dauermagnete und ihre Berechnung	112
4.3	Induktionsvorgang und Induktivität	115
4.3.1	Das Induktionsgesetz	115
4.3.2	Die Selbstinduktivität	122
4.3.3	Gegeninduktivität, Streuung und Kopplung	125
4.3.4	Induktivität verzweigter Stromkreise	126
<b>5</b>	<b>Energie, Kräfte und Feldverketung</b>	<b>129</b>
5.1	Energie und Kraftwirkungen im Magnetfeld	129
5.1.1	Magnetische Energie	129
5.1.2	Kräfte an Grenzflächen Eisen – Luft	131

5.1.3	Kraftwirkung auf Stromleiter und bewegte Ladungen	133
5.1.4	Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern	137
5.2	Energie und Kraftwirkung im elektrischen Feld	138
5.2.1	Energie des elektrischen Feldes	138
5.2.2	Kraftwirkung auf freie Ladungsträger	139
5.2.3	Kraftwirkung zwischen ebenen Flächenladungen	141
5.3	Das elektromagnetische Feld	141
5.3.1	Quellen- und Wirbelfeld	141
5.3.2	Verkettung der Felder	143
<b>6</b>	<b>Elektrische Strömung in Elektrolyten</b>	<b>145</b>
6.1	Elektrochemische Vorgänge	145
6.1.1	Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten	145
6.1.2	Elektrolyse	146
6.1.3	Elektrolytische Polarisierung	148
6.2	Elektrochemische Spannungsquellen	149
6.2.1	Galvanische Elemente	149
6.2.2	Der Bleiakkumulator	150
6.2.3	Andere Akkumulatoren	151
6.2.4	Brennstoffzellen	151
<b>7</b>	<b>Elektrizitätsleitung in gasförmigen und festen Stoffen</b>	<b>153</b>
7.1	Elektrizitätsleitung im Vakuum und in Gasen	153
7.1.1	Arten der Elektrizitätsleitung	153
7.1.2	Elektronenemission, Anregung und Ionisation	153
7.1.3	Elektrizitätsleitung im Hochvakuum	154
7.1.4	Gasentladung	156
7.1.5	Die Elektronenröhre	158
7.1.6	Die Elektronenstrahlröhre	159
7.2	Elektrizitätsleitung in festen Stoffen	160
7.2.1	Die Leitfähigkeit der Metalle	160
7.2.2	Thermoelektrizität	161
7.2.3	Supraleiter	162
7.2.4	Leiter und Isolator	163
7.2.5	Halbleiter	164
<b>8</b>	<b>Halbleiterbauelemente</b>	<b>166</b>
8.1	Halbleiterdioden	166
8.1.1	PN-Übergang	166
8.1.2	Sperrschichtdioden	167
8.1.3	Spezialdioden	168

8.2	Halbleitertrioden . . . . .	170
8.2.1	Bipolare Transistoren . . . . .	170
8.2.2	Feldeffekttransistoren . . . . .	174
8.2.3	Der Thyristor . . . . .	176
8.3	Halbleiter-Schaltkreise . . . . .	177
8.3.1	Digitale Schaltungen . . . . .	177
8.3.2	Integrierte Schaltungen . . . . .	178
8.3.3	Operationsverstärker . . . . .	179
8.3.4	Digitale Speicher . . . . .	182
<b>9</b>	<b>Der einfache Wechselstromkreis . . . . .</b>	<b>183</b>
9.1	Grundbegriffe . . . . .	183
9.1.1	Begriff des Wechselstroms . . . . .	183
9.1.2	Mittelwerte von Wechselstromgrößen . . . . .	185
9.1.3	Zeigerdarstellung zeitlich sinusförmiger Wechselstromgrößen . . . . .	188
9.2	Wechselstromwiderstände . . . . .	189
9.2.1	Wechselstrom-Ersatzwiderstände . . . . .	189
9.2.2	Der Ohmsche Widerstand . . . . .	190
9.2.3	Der induktive Widerstand . . . . .	191
9.2.4	Der kapazitive Widerstand . . . . .	192
9.2.5	Reihen- und Parallelschaltung von Wechselstromwiderständen . . . . .	193
9.2.6	Zur Phasenverschiebung von Strom und Spannung . . . . .	197
9.2.7	Komponentenzerlegung von Strom und Spannung . . . . .	199
9.3	Die Leistung im Wechselstromkreis . . . . .	200
9.3.1	Wechselstromleistung . . . . .	200
9.3.2	Blindleistungskompensation . . . . .	204
<b>10</b>	<b>Die komplexe Rechnung in der Wechselstromtechnik . . . . .</b>	<b>206</b>
10.1	Mathematische Grundlagen . . . . .	206
10.1.1	Darstellung komplexer Größen . . . . .	206
10.1.2	Das Rechnen mit komplexen Größen . . . . .	207
10.1.3	Der Operator $j$ . . . . .	208
10.2	Komplexe Darstellung der Wechselstromgrößen . . . . .	209
10.2.1	Komplexe Darstellung von Strom und Spannung . . . . .	209
10.2.2	Komplexe Darstellung der Wechselstromwiderstände . . . . .	211
10.2.3	Drehzeiger, Operatoren, Zeigerdiagramme . . . . .	213
10.2.4	Komplexe Berechnung von Wechselstromkreisen . . . . .	215
10.3	Komplexe Darstellung der Leistung . . . . .	221
10.3.1	Die komplexe Scheinleistung . . . . .	221
10.3.2	Leistungsanpassung . . . . .	222

<b>11</b>	<b>Mehrphasige Wechselströme</b>	224
11.1	Symmetrische Mehrphasensysteme	224
11.1.1	Mehrphasensysteme	224
11.1.2	Das Zweiphasensystem	225
11.1.3	Symmetrisches Dreiphasensystem	225
11.2	Drehstromverbraucher	228
11.2.1	Symmetrische Drehstromverbraucher	228
11.2.2	Unsymmetrieprobleme	230
11.2.3	Unsymmetrische Sternschaltung	232
11.3	Die Leistung im Mehrphasensystem	235
11.3.1	Die Leistung im Zweiphasensystem	235
11.3.2	Die Leistung im Drehstromsystem	235
<b>12</b>	<b>Wechselfelder und Verluste im Wechselfeld</b>	238
12.1	Wechsel- und Drehfelder	238
12.1.1	Wechselfluß und Wechselfelder	238
12.1.2	Wechselfluß im Eisen	238
12.1.3	Wirbelströme	240
12.1.4	Drehfelder	241
12.2	Verluste im Wechselfeld	242
12.2.1	Wirbelstrom- und Hystereseverluste	242
12.2.2	Spule mit Verlusten	245
12.2.3	Gleichstromvormagnetisierung	247
12.2.4	Dielektrische Verluste	247
12.2.5	Kondensator mit Verlusten	248
<b>13</b>	<b>Zweipole und Vierpole</b>	250
13.1	Ersatzschaltbilder und Frequenzverhalten	250
13.1.1	Lineare Zweipole	250
13.1.2	Vierpolmatrizen	252
13.1.3	Duale Schaltungen	254
13.1.4	90°-Schaltungen	255
13.1.5	Wechselstrombrücken	257
13.2	Graphische Behandlung von Wechselstromkreisen	260
13.2.1	Begriff der Ortskurve	260
13.2.2	Inversion	261
13.2.3	Gerade und Kreis durch den Ursprung als Ortskurve	262
13.2.4	Kreis in allgemeiner Lage als Ortskurve	264
13.2.5	Ortskurven höherer Ordnung	265
13.2.6	Das Kreisdiagramm	266
13.3	Resonanzerscheinungen	269
13.3.1	Elektrische Schwingkreise	269
13.3.2	Reihenresonanz	270

13.3.3	Parallelresonanz	274
13.3.4	Kreis mit magnetischer Sättigung	278
<b>14</b>	<b>Gekoppelte Stromkreise</b>	<b>279</b>
14.1	Gekoppelte Schwingkreise	279
14.1.1	Kopplungsarten	279
14.1.2	Erzwungene Schwingungen in gekoppelten Stromkreisen	280
14.2	Der Transformator	283
14.2.1	Umspanner und Übertrager	283
14.2.2	Der Einphasentransformator	283
14.2.3	Allgemeines Ersatzschaltbild des Luftübertragers	286
<b>15</b>	<b>Mehrwellige Systeme</b>	<b>289</b>
15.1	Analyse mehrwelliger Systeme	289
15.1.1	Die Fourieranalyse	289
15.1.2	Oszillogramm und Spektrum	292
15.1.3	Analyse nichtperiodischer Vorgänge	295
15.2	Oberschwingungen in Strom und Spannung	296
15.2.1	Effektivwert und Leistung	296
15.2.2	Oberschwingungen im Drehstromsystem	297
15.2.3	Lineare und nichtlineare Verzerrung	298
15.2.4	Modulation	301
15.3	Einfache Ausgleichsvorgänge	303
15.3.1	Begriff des Ausgleichsvorgangs	303
15.3.2	Allgemeine Berechnung des Ausgleichsvorgangs	304
15.3.3	An- und Abschalten eines Kondensators	306
15.3.4	An- und Abschalten einer Spule	310
15.3.5	Der einfache Schwingkreis	312
15.4	Gleichrichtung	314
15.4.1	Gleichrichterschaltungen	314
15.4.2	Betriebsverhalten	315
	<b>Die wichtigsten verwendeten Formelzeichen</b>	<b>319</b>
	<b>Schrifttum</b>	<b>320</b>
	<b>Anhang</b>	<b>321</b>
	Magnetisierungskurve für Dynamoblech	321
	Wicklungsangaben für Lackdraht (Kupfer)	322
	Umrechnung einiger Einheiten	323
	Wichtige Konstanten	323
	Zum Rechnen mit Matrizen	324
	Komplexe Zahlen	327
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>328</b>