
Inhaltsverzeichnis

I Gleichstromlehre

1	Elektrische Grundgrößen	12
1.1	Elektrische Ladung	12
1.2	Elektrische Stromstärke	13
1.3	Elektrische Spannung	16
1.4	Elektrischer Gleichstromkreis	17
1.5	Widerstände im elektrischen Stromkreis	20
1.5.1	Bemessungsgleichung	20
1.5.2	Temperaturabhängigkeit	21
1.5.3	Technische Ausführungsformen	22
2	Gesetze zur Berechnung elektrischer Stromkreise	23
2.1	Das OHMSche Gesetz	23
2.2	Die KIRCHHOFFSchen Sätze	26
2.2.1	Maschensatz	26
2.2.2	Knotenpunktsatz	27
2.3	Energiesatz	28
3	Lineare elektrische Gleichstromkreise	31
3.1	Eigenschaften elektrischer Stromkreise	31
3.2	Regeln zur Berechnung passiver Zweipole	33
3.2.1	Reihenschaltung und Spannungsteilerregel	33
3.2.2	Parallelschaltung und Stromteilerregel	35
3.3	Berechnung passiver Zweipole	38
3.4	Elektrische Quellen	40
3.5	Lastfälle im Grundstromkreis	44
3.5.1	Leistung und Wirkungsgrad	44
3.5.2	Anpassungsfall	45
3.5.3	Diskussion von Lastfällen	47
3.5.4	Belasteter Spannungsteiler	49
4	Grundsaltungen der elektrischen Messtechnik	52
4.1	Messbereichserweiterung	52
4.2	Aufnahme von Kennlinien	54
4.2.1	Stromrichtige Messung	54
4.2.2	Spannungsrichtige Messung	55
4.3	Messgeräte mit Nullindikator	56
4.4	Allgemeine Berechnung von Brückenschaltungen	59
4.4.1	Allgemeine Umrechnung in eine Sternschaltung	59

4.4.2	Dreieck-Stern-Transformation	61
4.4.3	Stern-Dreieck-Transformation	63
5	Verfahren zur Berechnung linearer Netzwerke	65
5.1	Netzwerkberechnung nach KIRCHHOFF	65
5.2	Der HELMHOLTZsche Überlagerungssatz	68
5.3	Zweipoltheorie	70
5.3.1	Spannungsquellen-Ersatzschaltung	71
5.3.2	Stromquellen-Ersatzschaltung	73
5.4	Analyseverfahren	76
5.4.1	Umlaufanalyse	76
5.4.2	Knotenanalyse	80
6	Stromkreise mit nichtlinearen Bauelementen	84
6.1	Strom-Spannungs-Kennlinie	84
6.2	Ausgewählte Kennlinien nichtlinearer Bauelemente	85
6.3	Konstruktion von Ersatz-Kennlinien	89
6.3.1	Ersatz-Kennlinien von Elementarschaltungen	89
6.3.2	Idealisierte Kennlinien und Ersatzschaltungen	90
6.4	Grafische Bestimmung des Arbeitspunktes	91
II	Wechselstromtechnik	
7	Beschreibung von Wechselgrößen	94
7.1	Periodische Zeitfunktionen	94
7.2	Sinusförmige Zeitfunktionen	95
7.3	Mittelwerte periodischer Zeitfunktionen	97
7.3.1	Arithmetischer Mittelwert	97
7.3.2	Gleichrichtwert	97
7.3.3	Effektivwert	99
7.4	Überlagerung sinusförmiger Zeitfunktionen	101
8	Widerstände im Wechselstromkreis	106
8.1	Elementare Zweipole	106
8.1.1	Ohmscher Widerstand	106
8.1.2	Induktiver Blindwiderstand	107
8.1.3	Kapazitiver Blindwiderstand	109
8.2	Reale Bauelemente	110
8.2.1	Reale Spule	110
8.2.2	Realer Kondensator	112
8.3	Elementarschaltungen	113

8.4	Zeigerbilder	115
8.4.1	Gemischte RLC-Kombinationen	115
8.4.2	Brückenschaltungen	118
9	Berechnung von Stromkreisen bei sinusförmiger Einspeisung	120
9.1	Berechnung im Zeitbereich	120
9.2	Berechnung im Bildbereich	122
9.2.1	Zeigerdarstellung	122
9.2.2	Rechenregeln	123
9.2.3	Transformationsregeln	126
9.2.4	Komplexer Widerstand	128
9.2.5	Komplexer Leitwert	130
9.3	Gemischte Schaltungen im Wechselstromkreis	131
9.3.1	Rechnerische Lösung im Bildbereich	131
9.3.2	Grafische Lösung im Bildbereich	135
9.3.3	Variation von Betriebsparametern	137
9.4	Spezielle Wechselstromschaltungen	141
9.5	Wechselstrom-Brücken	143
9.5.1	Induktivitätsmessbrücke	145
9.5.2	Kapazitätsmessbrücke	146
9.5.3	Phasendrehbrücke	147
9.6	Verfahren zur Netzwerkberechnung	149
9.6.1	Überlagerungsverfahren	149
9.6.2	Zweipoltheorie	151
9.6.3	Analyseverfahren	153
10	Frequenzabhängigkeit der Wechselstromkreise	156
10.1	Komplexer Frequenzgang	156
10.2	Tief- und Hochpässe	157
10.3	Schwingkreise	162
10.4	Übertragungsvierpole	174
10.5	Modelle für Leitungen	179
10.5.1	Elektrisch kurze Leitung	179
10.5.2	Leitungsgleichungen	180
10.5.3	Wellenmodell	183
11	Leistungsbetrachtungen im Wechselstromkreis	186
11.1	Zeitfunktion der Leistung	186
11.2	Wirk-, Blind- und Scheinleistung	188
11.3	Komplexe Leistung	189
11.4	Leistungsfaktor und seine Verbesserung	191

12	Dreiphasensysteme	195
12.1	Symmetrischer Drehstromgenerator	195
12.2	Spannungen und Ströme	196
12.3	Belastungsarten	200
12.4	Leistung im Dreiphasensystem	204
12.5	Symmetrische Komponenten	209
12.5.1	Entstehung unsymmetrischer Dreiphasensysteme	209
12.5.2	Zerlegung in symmetrische Komponenten	211
12.5.3	Komponenten-Ersatzschaltungen	212
III	Elektrische und magnetische Felder	
13	Feldbegriff	214
13.1	Begriffsbestimmung	214
13.1.1	Begriff „Feldpunkt“	214
13.1.2	Begriff „Rechtssystem“	215
13.2	Einteilung der Felder	216
13.3	Eigenschaften elektrischer und magnetischer Felder	218
14	Stationäres elektrisches Strömungsfeld	221
14.1	Eigenschaften des elektrischen Strömungsfeldes	221
14.2	Beschreibung des stationären elektrischen Strömungsfeldes	226
14.2.1	Integrale Größen	226
14.2.2	Ortsbezogene Größen	226
14.2.3	Maschen- und Knotenpunktsatz im Strömungsfeld	231
14.2.4	Überlagerung elektrischer Strömungsfelder	234
14.3	Berechnung elektrischer Strömungsfelder	234
14.3.1	Homogene und einfache inhomogene Strömungsfelder	234
14.3.2	Radialsymmetrische Strömungsfelder	236
14.4	Erderanordnungen	241
14.4.1	Halbkugelerder	241
14.4.2	Vollkugelerder	245
15	Elektrostatistisches Feld	250
15.1	Eigenschaften des elektrostatistischen Feldes	250
15.2	Erscheinungsformen der Ladung	251
15.3	Beschreibung des elektrostatistischen Feldes	253
15.3.1	Integrale Größen	253
15.3.2	Ortsbezogene Größen	255
15.4	Berechnung elektrostatistischer Felder	257
15.4.1	Homogene und einfache inhomogene elektrostatistische Felder	257
15.4.2	Elektrostatistische Felder im geschichteten Dielektrikum	258

15.4.3	Radialsymmetrische elektrostatische Felder	261
15.4.4	Überlagerung elektrostatischer Felder	264
15.5	Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld	267
15.5.1	Elektrostatisches Feld als Energiespeicher	267
15.5.2	COULOMBSches Gesetz	268
15.5.3	Kraft auf Trennflächen	269
15.5.4	Influenz und Polarisierung	272
16	Elektrisches Verhalten des Kondensators	274
16.1	Regeln zur Berechnung von Kondensatorschaltungen	274
16.1.1	Reihenschaltung und kapazitiver Spannungsteiler	274
16.1.2	Parallelschaltung und Ladungsteiler	277
16.1.3	Gemischte Kondensatorschaltungen	280
16.2	Schaltvorgänge in RC-Kombinationen	281
16.2.1	Ladevorgang	281
16.2.2	Entladevorgang	283
16.2.3	Umschalten vorgeladener Kondensatoren	285
16.3	Ladungsausgleich	288
16.3.1	Ladungsbilanz	288
16.3.2	Ladungsausgleich in einer Reihenersatzschaltung	289
16.3.3	Ladungsausgleich in einer Parallelersatzschaltung	294
16.3.4	Kapazitive Netzwerke	295
17	Stationäres magnetisches Feld	298
17.1	Eigenschaften des magnetischen Feldes	298
17.2	Beschreibung des magnetischen Feldes	300
17.2.1	Integrale Größen	300
17.2.2	Ortsbezogene Größen	302
17.3	Magnetische Kreise	304
17.3.1	Magnetisierungskennlinie	304
17.3.2	Ersatzschaltungen für magnetische Kreise	307
17.3.3	Berechnung magnetischer Kreise	309
17.4	Magnetische Felder stromdurchflossener Leiter	313
17.5	Energie und Kräfte im magnetischen Feld	317
17.5.1	Magnetische Energie	317
17.5.2	LORENTZ-Kraft	320
17.5.3	Energiedichte und Induktivität einer Leitung	323
18	Zeitlich veränderliches magnetisches Feld	326
18.1	Elektromagnetische Induktion	326
18.1.1	Induktionsgesetz – Bewegungsinduktion	327
18.1.2	Induktionsgesetz – Ruheinduktion	331
18.2	Selbstinduktion und Induktivität	333

18.3	Gegeninduktion und Gegeninduktivität	334
18.4	Transformatorgleichungen	340
19	Elektrisches Verhalten der Spule	343
19.1	Zusammenschaltung von Induktivitäten	343
19.1.1	Unverkoppelte Induktivitäten	343
19.1.2	Verkoppelte Induktivitäten	344
19.1.3	Transformator-Ersatzschaltungen	345
19.2	Schaltvorgänge an Spulen	348
19.2.1	Einschaltvorgang	348
19.2.2	Ausschaltvorgang	350
19.2.3	Umschalten vormagnetisierter Spulen	352
19.3	Modelle zum Transformator	355
19.3.1	Idealer Transformator	355
19.3.2	Verlustloser und streuungsfreier Transformator	357
19.3.3	Realer Transformator	359
20	Wechselwirkungen	362
20.1	Ladungsbewegungen in leitfähigen und nichtleitfähigen Medien	362
20.1.1	Konvektionsstrom	362
20.1.2	Feldstrom	363
20.1.3	Diffusionsstrom	364
20.1.4	Verschiebungsstrom	366
20.2	MAXWELLSche Gleichungen	368
20.2.1	Durchflutungsgesetz	368
20.2.2	Induktionsgesetz	369
20.2.3	Wirbelfreies Quellenfeld	370
20.3	Wechselseitige Verkopplungen im elektromagnetischen Feld	371
20.3.1	Wirbelverkopplungen bei Änderungen des magnetischen Flusses	371
20.3.2	Wirbelverkopplungen bei schnellen Stromänderungen	372
20.3.3	Parasitäre Effekte im HF-Bereich	374
20.4	Grundlegende Zusammenhänge	378
	Übungsaufgaben	379
	Berechnungsbeispiele im Übungsbuch	402
	Literaturverzeichnis	407
	Sachwortverzeichnis	408
	Formelzeichenverzeichnis	